NAZIONALE
B. Prov.
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
1471
NAPOLI

19 C 78

BIBLIOTECA PROVINCIALE

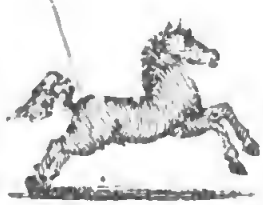
Armadio

Palchetto

Num.° d' ordine

130 II 2

Digitized by Google



105
9
29
B. Prov.
III
1471

613162

Kosmologische Briefe

über die

Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

des

Weltbaues.

PROVINCIALE
DI
NAPOLI

Für Gebildete.

Von

Hermann J. Klein,

Doctor der Philosophie, Herausgeber der „Gaea", Mitglied der astronomischen Gesellschaft, der naturforschenden Gesellschaft Isis u. m. a.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

Graz.

Druck und Verlag der Actien-Gesellschaft „Leykam-Josefsthal."

1873.

Herrn

Dr. C. Garthe

freundlichſt zugeeignet

vom Verfaſſer.

BIBLIOTECA PROVINCIALE
DI
NAPOLI

Vorrede.

Kosmologiſche Studien bilden heute einen wichtigen und intereſſanten Zweig der Naturwiſſenſchaft. Vor mehr als fünfundzwanzig Jahren hat Alexander von Humboldt in ſeinem berühmten Werke den gegenwärtigen Zuſtand des „Kosmos", des Weltalls, mit höchſter Meiſterſchaft geſchildert, aber auf die Geſchichte dieſes Weltalls, auf ſeine Vergangenheit und Zukunft wagte er nicht näher einzugehen. Und doch iſt die Gegenwart nur die Trennungslinie zwiſchen Vergangenheit und Zukunft!

Humboldt hat die Aufgabe der phyſiſchen Weltgeſchichte ſehr wohl gekannt und bezeichnet; aber er hielt vor einem Vierteljahrhundert die Zeit noch nicht für gekommen und das Material noch nicht für vorhanden, um den Entwurf einer phyſiſchen Weltgeſchichte zu wagen, als er ſeine phyſiſche Weltbeſchreibung unter-

nahm. Wie weit iſt ſeitdem die Wiſſenſchaft vorangeſchritten! Eine Kosmogonie iſt heute nicht mehr der Tummelplatz wirrer Phantaſien und Träume, ſondern kann ein ſtattliches Gebäude werden, da ſichere Fundamente vorhanden ſind, auf denen ein allen Zeiten trotzender Bau ſich zu erheben vermag. Die Hauptmomente der Vergangenheit des Weltalls liegen gegenwärtig entſchleiert vor dem Blicke des Forſchers, und dieſer vermag gleichzeitig vorher zu verkünden was da kommen wird.

Dieſe Blicke in die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Univerſums dem Denkenden zu eröffnen, ohne größere naturwiſſenſchaftliche Vorkenntniſſe vorauszuſetzen, iſt der Zweck dieſer „Kosmologiſchen Briefe“, von denen ich wünſche, daß ſie die nämliche freundliche Aufnahme finden möchten, wie frühere Werke des Verfaſſers.

Das Manuſkript dieſer Schrift befand ſich bereits vor Schluß des Jahres 1871 in den Händen der Verlagshandlung, doch ſind die wichtigſten ſeitdem gemachten Entdeckungen noch während des Druckes thunlichſt berückſichtigt worden.

Inhalt.

Seite.

I.

Das Universum als einheitliches Ganzes 3

II.

Vergangenheit und Zukunft des Weltalls 26

III.

Die Natur und Weltstellung der Kometen 48

IV.

Die Rolle der Sternschnuppen im Sonnensysteme 82

V.

Meteorströme, Meteorite und Kometen 106

VI.

Die physischen Zustände der Planeten, besonders mit Rücksicht auf ihre Bewohnbarkeit 134

VII.

Die physikalischen Verhältnisse der Sonne 194

Seite.

VIII.

Die physikalischen Verhältnisse der Sonne (Schluß). 240

IX.

Die Stellung der Erde in der Entwickelungsgeschichte des Sonnensystems 265

Cosmologische Briefe.

I.

Ihr Wunsch einer Fortsetzung der Unterhaltungen, welche wir jüngst über die Einrichtungen des Planetensystems und des Fixsternhimmels gepflogen, erfreut mich lebhaft. Es ist dies ein Gegenstand, der des menschlichen Interesses im höchsten Grade würdig ist. Allerdings muß man gestehen, daß die Gedanken, welche früher von sehr scharfsinnigen Männern über die Bewohntheit der Planeten und Kometen, über die Beziehungen der Fixsterne zu unserer Erde, sowie über die Geschichte des Weltall's ausgesprochen wurden, im Einzelnen sehr weit auseinander gehen; und hiernach könnte es thöricht erscheinen, denselben Gegenstand auf's Neue vom philosophischen Standpunkte, nach Gründen der Analogie und den Regeln der Wahrscheinlichkeit zu beleuchten. Indeß finden wir uns gegenwärtig in der glücklichen Lage, ungleich mehr von dem Baue der himmlischen Systeme und den physischen Zuständen der Weltkörper im Einzelnen, zu wissen, als dies selbst noch vor drei oder vier Jahrzehnten der Fall war. Das Fernrohr in seiner gegenwärtigen Vollkommenheit gestattet uns, die Oberflächen der Planeten genau zu untersuchen, und selbst Flecke auf so kleinen und weit

entfernten Monden wahrzunehmen, als die Trabanten des Jupiter ſind. Ein Spectroskop am Okular-Ende des Telescops befeſtigt, läßt uns mit einem Blicke die Zuſtände der Materie und ihre chemiſche Zuſammenſetzung bis in die entlegendſten Tiefen des Weltraumes hinein erkennen, und hat uns auf dieſe Weiſe möglich gemacht, was vordem das kühnſte Hoffen überſtieg. Und hat nicht ſchließlich eine Reihe kühner und vorſichtiger Denker ſich mit Glück an dem Probleme der Entſtehung unſeres Sonnenſyſtems verſucht, indem ſie den Conſequenzen nachſpürten, welche aus dieſer Entſtehung nothwendig hervorgingen, und bis auf den heutigen Tag andauerten? Es iſt unſchwer einzuſehen, daß cosmologiſche Speculationen heute eine ganz andere, weitaus ſolidere Baſis haben als in jeder Epoche der Vergangenheit; und da dies der Fall iſt, weßhalb ſollte man nicht, in die Fußſtapfen der Vergangenheit tretend, und einem Fontenelle und Lambert nacheifernd, die Zuſtände des Weltenbaues von cosmologiſchen Geſichtspunkten aus zu betrachten unternehmen, ſelbſt wenn man zugeben muß, daß die Lebhaftigkeit der Vorſtellung und die geiſtreichen Gedanken des Einen, wie die Verſtandesſchärfe des Andern nicht Jedem zu Gebote ſtehen?

Man hat häufig darauf aufmerkſam gemacht, daß die Wiſſenſchaften, beſonders die Aſtronomie, um ihrer ſelbſtwillen gepflegt werden. Dieſer doktrinäre Standpunkt iſt durchaus richtig, aber man muß anderſeits ſolcher Anſchauungsweiſe auch nicht eine zu große Allgemeinheit geben wollen. Zuletzt werden doch alle Wiſſenſchaften nur gepflegt, wegen des Intereſſes, das ſie für den Menſchen darbieten, und das ein zweifaches, ein materielles wie geiſtiges, iſt. Was das materielle Intereſſe anbelangt, ſo iſt dies wie

man leicht begreifen kann, bei der Aſtronomie nur ein untergeordnetes. Zwar hat man darauf hingewieſen, daß ohne Aſtronomie keine ſichere Zeitrechnung, keine oceaniſche Schifffahrt, keine Geographie möglich wäre; daß die Jahreslänge, wie einſt im alten Rom, von den Launen und Intereſſen beſtimmter Perſonen abhinge; daß der Welthandel ſich nur mühſam durch Küſtenſchifffahrt forthelfen, daß die genaue Geſtalt und Ausmeſſung unſeres Erdball's eine Unmöglichkeit ſein würde: allein, um dieſen Bedürfniſſen Rechnung zu tragen, benöthigte es nur einer mäßigen Ausbildung der Himmelskunde. Schon vor hundert Jahren war die Aſtronomie im Stande, den Bedürfniſſen des Kalenderweſens mit aller praktiſch erforderlichen Schärfe zu genügen. Auch bezüglich der oceaniſchen Schifffahrt iſt aſtronomiſcherſeits ſchon ſeit längerer Zeit genug geſchehen, ganz abgeſehen davon, daß der Seefahrer ſich auch heute nicht auf die aſtronomiſchen Hilfsmitteln allein verläßt, weil ihn dieſe bei trüber Luft häufig gerade in den entſcheidenden Momenten im Stiche laſſen. Was aber ſchließlich die Ausmeſſung und Beſtimmung der Geſtalt der Erde anbelangt, ſo hat auch dieſe ſeit faſt zwei hundert Jahren beinahe nur ein theoretiſches Intereſſe; für die Bedürfniſſe der Praxis iſt längſt geſorgt. Weder die Kenntniß der Doppelſterne, noch der Nebelflecke, iſt im Stande, den geringſten praktiſchen Nutzen zu gewähren, auch denkt Niemand daran, ſolchen von dem Studium dieſer ſo überaus merkwürdigen Himmelskörper jemals zu erwarten. Wenn es alſo nicht materielle Zwecke ſein können, welche die heute bewundernswürdig verfeinerten aſtronomiſchen Beobachtungen und Unterſuchungen veranlaſſen: ſo muß man geſtehen, daß ein höheres, geiſtiges Intereſſe ſich an die Fortſchritte der Himmelskunde knüpft; und in der That

iſt es dieſes, welches unſerer Wiſſenſchaft ſo viele begeiſterte Förderer und Freunde verſchafft hat. Dieſes hohe, geiſtige Intereſſe knüpft ſich nun hauptſächlich an das Erkennen und Begreifen, an das Inbeziehungſetzen der einzelnen Erſcheinungen, an die Verſuche, einzudringen in den Bauplan des uns ſichtbaren Theiles der Welt, an die Erfaſſung wiſſenſchaftlich mehr oder weniger geſicherter Vorſtellungen von den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Himmelskörper, an die Vorſtellung von einer Mehrheit der Welten.

Wenn wir zurückgehen auf die früheſten Zeiten der Wiſſenſchaft, ſo finden wir, daß die Vorſtellungen von dem Baue und den Eigenthümlichkeiten des Weltalls ebenſo primitiv und kindlich waren, wie die beobachteten Thatſachen, auf die ſie ſich ſtützten. Wie beſchränkt mußte die Welt Denen erſcheinen, welche die Erde als ihr Centrum und ihren Haupttheil, den blauen Himmel als ein Gewölbe, woran die Sterne befeſtigt waren, betrachteten! So lange die Erde den Rang eines Mittelpunktes der Welt behielt, mußte der Menſch, der Herrſcher auf Erden, nothwendig als Centrum der ganzen Schöpfung erſcheinen. Für ihn, glaubte man, zögen die Sterne ihre täglichen Kreiſe, für ihn durchlief die Sonne ihre jährliche und tägliche Bahn, für ihn leuchtete der Vollmond und bot die Abwechslung ſeiner Lichtgeſtalten dar. Es iſt merkwürdig, und von eigenthümlichem pſychologiſchem Intereſſe, den Beziehungen nachzuſpüren, welche je nach dem Bildungsgrade und der Gemüthsſtimmung, die einzelnen Volksſtämme zwiſchen dem Menſchen und den verſchiedenen Himmelserſcheinungen zu erkennen glaubten. Ich will, um mich nicht zu weit von meinem eigentlichen Gegenſtande zu entfernen, in dieſer Beziehung nur ein Beiſpiel anführen. Die Flecken des Mondes erſcheinen bei den verſchiedenſten Naturvölkern

mit der Legende oder Mythologie verwebt und an weit von einander entfernten Stellen der Erdoberfläche, bei den verschiedenartigsten Völkern, begegnet man erstaunt denselben Anschauungen wieder. So werden bei den Mongolen und den Südsee-Insulanern, wie bei den Peruanern und in der alten englischen Volkstradition, die Mondflecken mit menschlichen Vergehen oder menschlichem Unglücke in engste Verbindung gebracht. Auch der mystische Albert von Bollstädt (Albertus magnus) konnte sich von der naiven Meinung, daß die Mondflecke Analoga irdischer Organismen seien, nicht frei machen. Er sah in ihnen einen Drachen, auf dessen Rücken sich ein Baumstamm erhebt, an den ein Mensch anlehnt. Im Mittelalter machten sich zuerst Nekam und später Dante über die Volksanschauung, die in den Mondflecken menschliche und thierische Gebilde erblickt, lustig; allein selbst heute noch ist im niederen Volke die Ansicht weit verbreitet und tief eingewurzelt, daß im Monde ein menschliches Gesicht oder auch eine Wage vorhanden und bei Vollmond in den Flecken deutlich zu erkennen sei.

Von der Vorstellung, daß der Mensch Mittelpunkt und Zweck der ganzen Schöpfung sei und die Himmelskörper nur seinetwegen existirten, bis zu der Annahme von gewissen Einflüssen der Gestirne auf das Menschengeschlecht im Allgemeinen und jeden Einzelnen im Besondern, ist nur ein kleiner Schritt. Die Astrologie, die Kunst, aus den Stellungen der Gestirne die Schicksale des Menschen vorauszusagen, entstand und erdrückte Jahrhunderte hindurch alle wahrhaft wissenschaftlichen Bestrebungen.

Die alten Astrologen verfuhren bei ihrem Nachweise der Zulässigkeit der Astrologie mit seltsamer Logik. „Nicht allein," sagt Bentel, der ein Lehrbuch der Astrologie

ſchrieb, „haben alle rechtſchaffenen und hochgelehrten Aſtrologi, ſondern auch ſonſt hochvernünftige Leute jederzeit davor gehalten, daß wie Gott der Allmächtige kein Gräslein umſonſt und das nicht eine ſonderbare Kraft und Wirkung bei ſich habe, aus der Erden herfür wachſen laſſen: auch noch vielmehr die großen Wundergeſchöpfe Gottes über uns am hohen Himmel von kräftiger, ihnen von Gott eingelegter Wirkung und Tugend ſein müßten, zumal da ſie der Sonne und des Mondes Kräfte und Influentias täglich und handgreiflich empfunden, dannenhero ſie geſchloſſen, es müſſe in denen andern himmliſchen Körpern nicht weniger dergleichen ausgehende Kraft ſtecken, und ſich von Zeit zu Zeit hoch bemühet, ſolche Kräfte zu erforſchen und der Welt zur Nachricht aufzuzeichnen und zu hinterlaſſen.“ „Alles, was um den ganzen Erdboden herum gefunden wird und darauf wächſt, lebet oder ſchwebet, Felder, Gärten, Wälder, Blumen, Kräuter, Bäume, Früchte, Laub, Gras, Gewäſſer, Bäche, Ströme, Seen, ſammt dem großen Meere, auch Menſchen und Vieh und anders, iſt der Geſtirne Wirkung von oben herab unterworfen und wird mit ſeinen Influribus und darein dringender Kraft imbuirt, tingirt, und durch derſelben kräftige Aſpektus und Zuſammenſtrahlungen maturirt, befördert und fortgebracht.“ Es iſt unzweifelhaft richtig, daß das ganze Weltall in ſeinen einzelnen Theilen in Wechſelbeziehung mit einander ſteht; demnach üben auch die Fixſterne und Planeten auf unſere Erde gewiſſe Einflüſſe aus, erſtere ſenden derſelben z. B. Lichtſtrahlen, und wie wir heute wiſſen, auch Wärmeſtrahlen in meßbarer Quantität zu, aber dieſe Wirkungen ſind keineswegs handgreiflich, ſondern durchaus verſchwindend klein und noch weniger laſſen ſich feſte Regeln denken,

nach welchen sie in jedem beliebigen speziellen Falle vorausbestimmt werden könnten. Die alten Astrologen behaupteten freilich, daß ihnen solche Regeln bekannt seien, und zwar aus der Erfahrung; wie es aber mit der Glaubwürdigkeit dieser Leute aussah, beweist wohl am besten der Umstand, daß ein Mann wie Cardano, ein sonst wirklich gelehrter Mathematiker und Arzt, im vollsten Ernste versichert, es hätten ihn einst zwei alte Leute aus dem Monde besucht, ja daß derselbe Cardano die Zeit seines Todes astrologisch vorausbestimmte, und um sein Ansehen nicht zu schädigen zur bezeichneten Zeit den Hungertod starb! In der Blüthezeit der Astrologie waren die Regeln, nach welchen der Einfluß der Gestirne auf das Schicksal des Menschen berechnet werden sollte, ziemlich zahlreich und complicirt; es gehörten immerhin für die damalige Zeit nicht unbedeutende Vorkenntnisse der sphärischen Trigonometrie dazu, um ein vollständiges Horoscop zu stellen. Die meisten Astrologen machten sich's freilich bequemer und begnügten sich mit näherungsweisen Angaben.

Die kühne That des Kopernikus, dem es, wie Tycho Brahe begeistert singt

— „gelang, dem Himmel die Sonn' zu entreißen
Und sie festzustellen —"

während er gleichzeitig den Erdball aus seiner starren Ruhe aufrüttelte und ihn in kreisförmiger Bahn um die Weltleuchte Sonne gehen hieß, entzog den astrologischen Träumereien für immer den Boden. Die Erde mußte von der hohen Stellung eines Weltmittelpunktes, die man ihr so lange mit Unrecht beigelegt, herabsteigen, und sich bescheiden, in Jahresfrist einmal um die Sonne herumzulaufen. Aber wie wenig diese richtigen Anschauungen von der Constitution des Planetensystems zu einer rationelleren

Erkenntniß des Weltbaues führten, beweist die Thatsache, daß Kepler, der das System des Kopernikus durch Entdeckung seiner berühmten drei Gesetze der Planetenbewegung wesentlich vervollkommte, diese Bewegungen dem speciellen Einfluße himmlischer Genien unterstellen wollte, welche jedem Planeten gewissermaßen den Weg weisen, den er wandeln sollte. Die Erfindung des Fernrohres hat in dieser Beziehung sehr wichtige Fortschritte angebahnt. Aber noch im Jahre 1733 stellte Derham die Frage auf, ob nicht das Licht der Nebelflecke daher rühre, daß jenseits der (feste) Fixsternsphäre eine feurige Region sich befinde, die stellenweise durchscheine. Besonders eine merkwürdige Helligkeit im Orionnebel war Derham geneigt dem Durchschimmern eines solchen Coelum empyreum zuzuschreiben. Wenn man Derham auch eine solche Vorstellung verzeihen mag, so darf man doch daran erinnern, daß der scharfsinnige Huygens, der zuerst genauere Beobachtungen über den Orionnebel angestellt, und den man lange Zeit für den ersten Entdecker desselben gehalten hat, bei Beschreibung dieses merkwürdigen Himmelskörpers sagt: „Man sollte fast glauben, die Himmelssphäre sei hier geborsten und man blicke in leuchtendere Regionen hinein."

Wenn man von dem geistreichen Lambert, sowie von den Speculationen von Wright und Kant absieht, so findet man, daß erst durch William Herschel wissenschaftliche Ansichten über den Bau der Welt aufgestellt wurden, obgleich diese allerdings noch bedeutender Berichtigungen durch die Folgezeit bedurften. Seit Herschels Tode ist die Wissenschaft mit Riesenschritten vorangegangen; es sind uns heute Untersuchungen möglich, an die kein Vernünftiger bei Beginne des gegen-

wärtigen Jahrhunderts gewagt hätte, zu denken. Der Nebel, welcher Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Weltalls, d. h. des uns ſichtbaren Theiles der Welt bedeckt, hat ſich in den letzten fünfzig Jahren bedeutend gelichtet; ferne Küſten und einſame Inſeln im Oceane des Univerſums ſind uns erreichbar geworden und unaufhaltſam dringt die Wiſſenſchaft voran, immer mehr von den Geheimniſſen und Räthſeln aufklärend, mit denen uns die Natur allſeitig umgibt.

Das merkwürdige Verhältniß, in welchem die Planeten bezüglich der Erleuchtung und Erwärmung zur Sonne ſtehen, iſt gegenwärtig, nachdem die Vergangenheit in dieſer Beziehung lange genug bedeutenden Irrthümern gehuldigt, endlich richtig erkannt worden. Die einſeitige Anſicht, daß die Sonne da ſei, um die Planeten zu erleuchten und zu erwärmen, mochte früher noch eine nicht zu verachtende Stütze in der (unrichtigen) Vorſtellung finden, die man, hauptſächlich auf den Autoritäten von Sir William Herſchel und Franz Arago fußend, lange als die richtige anſah. „Alle die Sonne betreffenden Erſcheinungen", ſagte Arago, „finden eine genügende Erklärung, wenn man annimmt, daß die Sonne ein dunkler Körper iſt, umgeben in einer gewiſſen Entfernung von einer Atmoſphäre, welche mit der irdiſchen verglichen werden kann, ſobald ſich in der letztern eine zuſammenhängende Schicht undurchſichtiger und das Licht reflektirender Wolken befindet. Setzt man über dieſe erſte Schichte noch eine zweite, leuchtende Atmoſphäre, welche Photoſphäre heißen mag, ſo beſtimmt dieſe Photoſphäre, von der innern, wolkigen Atmoſphäre mehr oder weniger entfernt, durch ihre Umgrenzung den ſichtbaren Rand der Sonnenſcheibe. Dieſer Hypotheſe zufolge, treten ſchwarze

Flecken auf der Sonne jedesmal da auf, wo ſich in den beiden concentriſchen Atmoſphären correſpondirende Oeffnungen oder Durchſichten bilden, welche den dunklen Kern des Sonnenkörpers unverhüllt zu ſehen geſtatten.“ Hiernach galt die Sonne eigentlich als dunkler, planetariſcher Körper, der, man wußte nicht genau warum, zu einer leuchtenden und wärmenden Umhüllung gekommen, und dieſe, man wußte nicht genau wie, fort und fort unverändert behielt. Die Sonne war eine Art Kraftgeſchöpf, ein Wunderding, das ohne Verluſt zu erleiden, Jahrmyriaden hindurch Licht und Wärme ausſandte, um die Planetenoberflächen zu erleuchten und zu erwärmen. Es iſt merkwürdig, wie ſich eine ſo thörichte Vorſtellung ſo lange in den Lehrbüchern der Wiſſenſchaft hat erhalten können; vollends aber unerklärlich, wie ein Mann gleich Arago, der einer der eminenteſten Phyſiker ſeiner Zeit war, eine ſolche Hypotheſe von den phyſiſchen Zuſtänden der Sonne hat vertheidigen und ſchulgerecht ausbauen können. Herſchel war der Anſicht, die Sonne ſei bewohnt, und Arago erklärte, daß, wenn man ihn fragen würde, ob die Sonne von Weſen bewohnt ſein könne, welche eine analoge Organiſation beſitzen, wie die, welche unſere Erde bevölkern, ſo würde er nicht anſtehen, eine bejahende Antwort zu ertheilen. Beide dachten ſich den dunkeln, kalten Sonnenkörper von einer Wolkenſchicht in einer Höhe von 70 oder 80 Meilen über der Oberfläche umgeben, die ſo dicht ſei, daß ſie die Hitze der weißglühenden, leuchtenden Atmoſphäre wie ein Schirm abhalte. Eine unrichtigere Vorſtellung als dieſe läßt ſich indeß kaum denken. Man ſtelle ſich eine große, hohle Kugel von Metall vor, welche eine kleine compacte Kugel concentriſch umſchließt. Wird die äußere Kugel hinreichend lange in Gluth verſetzt, ſo läßt ſich für die innere Kugel

gar keine ſchützende Umhüllung denken, welche ausreicht, ſie auf die Dauer vor den Wärmeſtrahlen der äußeren Gluthülle zu ſchützen. Nun ſoll gar die weißglühende Sonnenphotoſphäre durch eine Wolkenſchichte verhindert werden, den innern Sonnenkern zu erhitzen, trotzdem jene Gluthmaſſe ſchon ſeit Millionen von Jahren ihre verderblichen Strahlen von allen Seiten auf die angenommene ſchützende Wolkendecke hernieder ſchickt! Als Arago ſeiner Theorie der Sonne ihre letzte Ausbildung gab, hatte Robert Mayer ſchon das wichtige Geſetz von der Umwandlung der Kraft veröffentlicht. Freilich war die wichtige Arbeit des Heilbronner Arztes ſelbſt in Deutſchland keiner Beachtung gewürdigt worden, und man kann deshalb von vorneherein nicht erwarten, daß in Frankreich darauf Rückſicht genommen werden ſollte; aber billig muß man erſtaunen, daß Arago eine Hypotheſe vertritt und weiter ausbildet, die auf der Annahme einer Wolkenmaterie beruht, welche ſo beſchaffen ſein ſoll, daß ſie, ohne irgend welche Veränderungen zu erleiden, ſeit Millionen von Jahren die auf ſie fallenden Wärmeſtrahlen der Sonne abſorbire. Um ſich von dieſer Wärmemenge aber eine richtige Vorſtellung zu machen, iſt daran zu erinnern, daß nach den Meſſungen von Pouillet und Sir John Herſchel die Wärmemenge, welche die Sonne, im Zenith ſtehend, in jeder Minute der Erde ſendet, hinreicht, um eine Eisſchichte von 0,00728 Zoll Dicke zu ſchmelzen. Berückſichtigt man die Abſorption der Wärme in der Erdatmoſphäre, ſo ergibt ſich, daß die jährlich den Erdball treffende Sonnenwärme eine Eisſchichte zu ſchmelzen vermag, welche die ganze Erde 100 Fuß hoch bedeckt. Nun treffen aber nur die wenigſten Wärmeſtrahlen der Sonne unſern Erdball, die überwiegend meiſten gehen neben der

Erde vorbei und ſind für dieſe verloren. Denkt man ſich mit der mittleren Diſtanz der Erde von der Sonne, als Radius, eine Kugel um das Sonnencentrum gebildet, ſo bedecken die Sonnenſtrahlen die ganze innere Fläche dieſer Kugel, und kein Strahl kann vorbeigehen. Der Durchſchnitt der Erdoberfläche mit der Oberfläche dieſer Kugel verhält ſich aber zu letzterer wie 1 zu 2300 Millionen. Sonach wird die Erde blos von dem 2300 Millionten Theile derjenigen Sonnenſtrahlen getroffen, welche die Sonne überhaupt ausſendet. Berechnet man dieſe Wärmequantität nach dem Verhältniſſe der Wärme, welche durch die Verbrennung von Steinkohle erzeugt wird, ſo ergibt ſich, daß die jährliche Wärmeſtrahlung der Sonne ſo groß iſt, daß ſie der Verbrennungswärme einer Kohlenſchicht gleichkommt, die 17 Meter hoch die ganze Sonnenoberfläche bedeckt. Es leuchtet Jedem ohne Schwierigkeit ein, daß eine ſolch' ungeheure Gluthmaſſe nicht Myriaden Jahre hindurch von einer Wolkenſchichte abgehalten werden kann, den Kern der Sonne zu erhitzen und zu verbrennen. Der Kern der Sonne kann demnach nicht dunkel und kalt ſein und die Sonnenflecken ſind keine trichterartigen Oeffnungen bis zur Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers und erſcheinen *nicht* „mehr oder weniger dunkel, je nachdem die Oeffnung über ſandigem und felſigem Boden oder Meeren ſteht," ſondern aus andern Gründen. Auch kann die Sonne nicht bewohnt ſein, und das Bedauern, welches man bezüglich der ſupponirten Sonnenbewohner darüber ausgeſprochen hat, daß ſie nur gelegentlich durch die trichterförmigen Oeffnungen der Flecke einen Blick in den Weltraum werfen könnten, iſt durchaus verfrüht geweſen. Das wichtige neue Hilfsmittel der Spectralanalyſe hat mit Evidenz gezeigt, daß der Sonnenkern ein in

höchſter Weißgluth befindlicher Ball iſt, der nach außen hin von minder heißen, glühenden Gasſchichten umgeben iſt. Der Urſprung dieſer Gluth iſt durch die Bildungsgeſchichte des Sonnenſyſtems gegeben, wie dieſelbe bereits Kant vorſchwebte, aber erſt von Laplace genauer erläutert worden iſt. Die Sonne zehrt Jahr für Jahr von der ungeheuren Hitze, welche der Nebelball beſaß, aus dem unſer Planetenſyſtem ſich vor Zeiten gebildet hat. In Folge der langen Reihe von Jahrmyriaden, während deren die Sonne ununterbrochen Wärme ausſtrahlte, ohne genügende Compenſation für dieſen Verluſt zu erhalten, iſt ſie gegenwärtig bereits in ein Stadium getreten, in welchem ſtellenweiſe lokale Temperaturerniedrigungen bis zur Bildung feſter oder wolkenartiger Maſſen (der Sonnenflecke) ſtattfinden. Im Verlaufe der kommenden Jahrtauſende wird die Temperaturabnahme immer mehr vorauſchreiten, bis zuletzt, nach vielen Millionen Jahren, die ganze Sonnenoberfläche von einer feſten Kruſte umhüllt iſt und kein Licht und keine Wärme mehr in bemerkenswerthem Maße nach Außen geſandt werden. Die Sonne erſcheint in dieſer, auf mechaniſchen und phyſikaliſchen Geſetzen baſirten, Theorie, keineswegs mehr als ein ganz beſonders organiſirter, nur zum Leuchten und Erwärmen beſtimmter Körper. Dieſe beiden Eigenſchaften ſind vielmehr bloß zeitliche, der Sonnenkörper muß ſie dereinſt einbüßen, wie die viel kleineren Planeten ſie längſt eingebüßt haben, und es wird der Sonne nur bleiben ihre größere Maſſe und demgemäß ihre ſtärkere Anziehung, welche ſie zum Herrſcher im Planetenſyſteme erhebt.

Die Hypotheſe Zöllners, wonach unſere Sonne durch eine Reihe von Zwiſchenſtadien aus dem Zuſtande eines glühenden Nebelballes bis zu demjenigen eines

dunkeln festen Körpers gelangen wird, verknüpft in glücklichster Weise alle Erscheinungen, welche unser Sonnensystem in seinen Entwicklungszuständen darbietet, mit den Phänomenen, welche uns in dem unermeßlichen Heere der Fixsterne am nächtlichen Himmel begegnen. Ja, wir sind an ihrer Hand im Stande, neue und überraschende Gesichtspunkte zu gewinnen, an die bis dahin Niemand denken konnte. So z. B. erscheint die ungleiche Helligkeit der Fixsterne nicht allein bedingt durch Abstand und ursprüngliche Verschiedenheit, sondern auch durch die Dauer während deren die Sterne bereits leuchteten, d. h. durch ihr Alter. Das Alter des Sonnensystems ist ein vergleichsweise jugendliches, denn unsere Sonne ist noch sehr weit von dem Zeitpunkte entfernt, in welchem ihre Oberfläche mit einer festen Kruste bedeckt sein wird. Im Reiche der Fixsterne dagegen müssen wir, wie gewisse astronomische Thatsachen wahrscheinlich machen, eine große Anzahl dunkler Körper von beträchtlichen Massen annehmen und wir dürfen schließen, daß diese vor vielen Millionen Jahren ebenfalls leuchteten aber nach und nach erkalteten und erstarrend für den directen Anblick verschwanden. Diese nun entschwundenen Sterne wurden aber gewiß zum Theile früher gebildet als unsere Sonne; denn es wäre eine durch Nichts begründete Hypothese, anzunehmen, daß unserer Sonne ursprünglich die größte Wärmequantität zukomme, und sie deßhalb länger leuchte als andere Sterne. Das Verlöschen der Sterne geht natürlich äußerst langsam und allmälig vor sich. Denn die Abnahme des Lichtes ist eine successive und vertheilt sich, ehe sie merklich wird, auf eine Jahresreihe, die an Länge derjenigen der geologischen Perioden sicherlich vergleichbar ist. Es kann daher nicht

Wunder nehmen, wenn in der kurzen Spanne Zeit, während der wir den Sternenhimmel durchforschen, kein Beispiel eines wirklich verschwundenen Sternes mit Sicherheit hat constatirt werden können. Allerdings zählt Hevel fünf Tychonische Sterne auf, von denen er behauptet, daß sie zu seiner Zeit verschwanden, allein wie wenig sicher diese Angabe sein mag, erhellt daraus, daß selbst William Herschel einen Stern (Nr. 9 des Flamsteed'schen Kataloges, im Stier) als verschwunden angibt, der nichts destoweniger sich am Himmel vorfindet. Wo sich wirklich Sterne nicht mehr vorfinden an Orten des Himmels, die sie früheren sicheren Beobachtungen zufolge einnahmen, hat man bis jetzt stets bestätigt gefunden, daß sie entweder Sterne von veränderlicher Helligkeit, oder Planeten, die man für Fixsterne hielt, sind. Dagegen ist es nicht weiter zweifelhaft, daß, wenn man etwa aus der Zeit der Steinkohlenperiode der Erde Sternkarten besäße, die wie die Argelanderschen alle Sterne bis zur 9—10 Größe umfaßten, man gewisse Sterne heute verschwunden finden würde, und zwar in Wirklichkeit verschwunden, insoferne ihr Licht in diesem langen Zeitraume so sehr abgenommen hätte, daß sie mit unsern Hilfsmitteln nicht mehr wahrgenommen werden könnten. Man hat früher häufig behauptet, daß manche Sterne so weit von uns entfernt seien, daß ihr Licht noch nicht Zeit gehabt habe, bei der Erde anzulangen. „Die Geschwindigkeit des Lichtes," sagt Mädler, „ist eine endliche; vom Beginne der Schöpfung bis zu unseren Tagen ist eine endliche Zeit verflossen, und wir können also die Himmelskörper nur wahrnehmen, bis zu der Entfernung, welche das Licht in jener endlichen Zeit durchläuft. Da sich der dunkle Himmelsgrund in dieser Weise ausreichend erklärt, ja als nothwendig darstellt, so

fällt auch die Nöthigung weg, eine Lichtverſchluckung zu ſupponiren. Statt zu ſagen, das Licht gelange aus jenen Entfernungen *nicht mehr* bis zu uns, muß man ſagen: es iſt *noch nicht* bis zu uns gelangt.“ Wenn nicht gerade unſer Sonnenſyſtem, welches zweifellos ein Alter von vielen Millionen Jahren beſitzt, *zuerſt* unter allen Syſtemen himmliſcher Körper erſchaffen worden iſt und die übrigen viel ſpäter, eine Annahme, wozu nicht der geringſte Grund vorhanden iſt, ſo liegt die Unzuläſſigkeit des Mädlerſchen Raiſonnements auf der Hand. Wenn *Herſchel* die Zeit des Lichtes für die entfernteſten in ſeinem Teleſcope noch wahrnehmbaren Nebelflecke auf zwei Millionen Jahre veranſchlagte, ſo darf man nicht vergeſſen, daß dieſe Schätzung ſich auf die Annahme ſtützt, jene Nebelflecke ſeien entfernte Sternhaufen, eine Annahme, welche durch ſeine ſpäteren Unterſuchungen und durch die Ergebniſſe der Spectralanalyſe unhaltbar geworden iſt. Bei ſeinen Unterſuchungen über die raumdurchdringende Kraft der Teleſcope kam *Herſchel* zu dem Reſultate, daß ſein 40füßiger Reflector 2300 Sternweiten in den Raum eindringt. Nun beträgt eine Sternweite in runder Zahl 20 Millionen Meilen, welche das Licht in 16 Jahren durchläuft. Sonach würden alſo die entfernteſten Sterne, welche Herſchel's Inſtrumente noch zu erreichen vermochten, ſo weit von uns entfernt ſtehen, daß der Lichtſtrahl dieſe Diſtanz erſt in 37000 Jahren zurückzulegen vermag. Allein auch dieſe Diſtanz jener äußerſten Sterne iſt noch zu groß. *Herſchel* ging nämlich bei ſeiner Berechnung von der Annahme aus, daß der Weltraum abſolut leer ſei, und daher der Lichtſtrahl nur eine Schwächung im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung erleide. Dieſe Vorausſetzung iſt aber entſchieden unrichtig. Schon *Struve* hat nach-

gewiesen, daß eine beträchtliche Absorption des Sternenlichtes bei seinem Durchgange durch die Himmelsräume stattfinde und findet für die raumdurchdringende Kraft des 40-füßigen Telescops nur den sechsten Theil des Betrages, den W. Herschel dafür berechnete. Man kann nun allerdings der Struve'schen Berechnung in Bezug auf die Quantität der Lichtabsorption im Weltraume Einwürfe machen, und sie geringer anschlagen, aber ihre Existenz selbst ist nicht mehr in Frage zu stellen.

Schon die Thatsache, daß Licht und Wärme von den Fixsternen sich bis zu unserer Erde fortpflanzen, zwingt zu der Annahme eines Mediums, in welchem diese Fortpflanzung stattfindet. Sobald dies aber einmal feststeht, ist die weitere Folgerung, daß bei dieser Fortpflanzung eine, wenn auch für kleinere Distanzen verschwindend geringe, Absorption der Lichtwellen in jenem Medium stattfinde, eine physikalisch durchaus gerechtfertigte. Dieses Medium pflegt man gegenwärtig mit dem vieldeutigen Namen Aether zu bezeichnen; von spezielleren Eigenschaften weiß man nur, daß er der Gravitation unterworfen sein muß, weil bis jetzt überhaupt die Annahme von sogenannten Imponderabilien sich noch nirgendwo stichhaltig erwiesen hat. Schon im Jahre 1842 hat der scharfsinnige Grove darauf aufmerksam gemacht, daß es weit mehr mit den bekannten Thatsachen übereinzustimmen scheine, wenn man das Licht als das Resultat der Undulationen materieller Molekule betrachte, als von einem sie durchdringenden gewichtslosen Aether herleite. Die mechanische (dynamische) Wärmetheorie reicht mit dem Aether zur Darstellung der Erscheinungen nicht aus, während die molekulare Thätigkeit der gemeinen Materie

alle Phänomene erklärt. Wenn aber Wärme fortgeleitet, zurückgeworfen, gebrochen oder polarisirt wird und wir dieses als durch Zustände der ponderablen Materie bedingt ansehen, weshalb sollen wir dieselben Wirkungen beim Lichte als durch einen imponderablen Aether verursacht betrachten müssen? Dafür ist offenbar nicht der geringste Grund vorhanden. Wenn aber das Medium, welches das Licht durch die Himmelsräume radiirend fortträgt, in der That nichts als höchst feine Materie, eine Art ponderablen Fluidums ist, so ist es klar, daß die Intensitäten der Lichtstrahlen, falls sie sehr lange Wege durchlaufen, eine besondere Schwächung oder Absorption erleiden müssen. Von einer gewissen Distanz ab können in Folge dieser Absorption gar keine Strahlen mehr bei der Erde anlangen und kein künstliches Mittel ist im Stande, diese Grenze überschreiten zu helfen. Unter Grundlegung von Struve's Rechnungen findet man, daß die Entfernung von etwa 1000 Sternweiten oder 16000 Jahren Lichtzeit wohl niemals von einem Telescope wird überschritten werden können. Was also an Gestirnen über diese Distanz hinausliegt, existirt für uns nicht, wir werden nie etwas davon erfahren. Da aber unsere Erde zweifellos älter als 16000 Jahre und gewiß älter als selbst 16 Millionen Jahre ist, so braucht man nicht darüber besorgt zu sein, daß nach und nach neue Sterne am Himmelsgewölbe auftauchen werden, deren Licht seit ihrer Entstehung noch nicht Zeit genug fand, bei uns anzulangen. Dagegen müssen im Laufe der Jahrtausende gewisse Sterne schwächer werden, bis sie sich unseren Blicken ganz entziehen. Ob solche Lichtabnahme sich bei einigen Sternen bereits in den Beobachtungen wahrnehmbar gemacht habe, ist ebenso wie die Frage nach dem Verschwinden gewisser Sterne,

ſchwierig zu beantworten, wahrſcheinlich iſt es nicht, weil unſere Beobachtungen einen viel zu kurzen Zeitraum umfaſſen.

Die Thatſache, daß von Zeit zu Zeit neue Sterne, bisweilen von ſehr bedeutender Helligkeit, an Orten des Himmels ſichtbar werden, wo früher nie dergleichen geſtanden, iſt keineswegs als ein Einwurf gegen die Behauptung, daß Fixſterne im Verlaufe der Jahrtauſende verſchwinden, zu betrachten. Die neuen Sterne gehören vielmehr zu einer ganz beſonderen Klaſſe von Erſcheinungen; ſie bieten uns Belege zu dem, was man, um einen Ausdruck William Herſchels zu gebrauchen, als eine „Erneuerung in den Laboratorien des Weltalls“ betrachten könnte.

Das Auflodern neuer Sterne bezeichnet ausnahmsweiſe Vorgänge unter dem Heere der Millionen von Fixſternen; es bringt uns Kunde von Thatſachen, die außerhalb des normalen Ganges der Dinge vor ſich gingen. Schon der Umſtand, daß die meiſten neuen Sterne, deren die Geſchichtsſchreiber gedenken, in der Nähe der Milchſtraße aufloderten, hat einzelne der alten Aſtronomen, unter ihnen Tycho Brahe, auf die Hypotheſe einer Zuſammenballung dieſer Sterne aus dem leuchtenden Nebelſtoffe der Milchſtraße geleitet. Bei ſeiner Beſchreibung des neuen Sterns, der 1572 in der Kaſſiopeja aufloderte, bemerkt Tycho, daß man ſogar noch die Stelle zu erkennen glaube, wo der leuchtende Nebelſtoff der Milchſtraße entzogen worden ſei. Dieſe Hypotheſe iſt natürlich ſchon aus dem einfachen Grunde unzuläſſig, weil die Milchſtraße gar keine Nebelmaſſe, ſondern eine Anhäufung zahlloſer teleſcopiſcher Sterne iſt. Aber auch die Beobachtungen des Geſtirns ſelbſt, durch Tycho, zeigen, daß dasſelbe in der

kurzen Zeit von 15 Monaten die bedeutendſten phyſiſchen Umwandlungen erlitt, bis es zuletzt verſchwand. Soll es aber zuläſſig ſein, einen plötzlich ſich bildenden Stern anzunehmen, der, hellfunkelnd, in weißer Farbe, alle andern Geſtirne überſtrahlend, auflodert, in wenigen Monaten ſeine Helligkeit nach und nach verliert, dann ſeine Farbe in gelb und hierauf in roth verwandelt und zuletzt verſchwindet? Oder ſcheint es nicht ſchon an und für ſich richtiger, den Stern als ſtets vorhanden und nur ſein kurzzeitiges Auflodern als eine beſondere und vorübergehende Eigenthümlichkeit desſelben zu betrachten? Das Auflodern neuer Sterne, eine Weltbegebenheit in den Tiefen der Himmelsräume, war ſchon Newton geneigt, mit Brand und Zerſtörung eines Himmelskörpers zu identificiren. Die Lehre von der Erhaltung der Kraft hat dieſe Hypotheſe durchaus gerechtfertigt. Schon im Jahre 1848 überreichte Robert Mayer der Pariſer Akademie eine, von dieſer natürlich nicht weiter beachtete, Schrift, in welcher er entwickelte, daß durch den endlichen Zuſammenſturz von vorher unſichtbaren Doppelſternen neue Fixſterne von kurzzeitigem Lichte entſtehen müſſen. Wenn der Mond auf die Erde herabſtürzte, ſo würde, wie die Rechnung zeigt, die vereinigte Maſſe ſofort in die höchſte Gluthitze gerathen, die Erde würde ſonnenartig leuchten. Aus Fixſternentfernung geſehen, würde ſich das Phänomen als ein plötzliches Auflodern der Sonne darſtellen. Genau dasſelbe zeigt ſich uns beim Auflodern der neuen Sterne, doch kann man bei der beträchtlichen Lichtentwicklung, welche die meiſten derſelben darboten, an den Herabſturz größerer Maſſen, wie Erde und Mond ſind, denken. Newton dachte an den Herabſturz von Kometen auf Fixſterne. Bezüglich unſerer Sonne hielt er dafür, daß der Komet von 1680 dereinſt,

vielleicht nach 5 oder 6 Umläufen, auf die Sonne ſtürzen und dadurch die Wärme derſelben in ſolchem Maaße vermehren werde, daß unſere Erde verbrennen und alle lebenden Weſen auf derſelben ihren Untergang finden würden. Beiläufig bemerkt, näherte ſich dieſer Komet am 18. Dezember 1680 der Sonne bis auf 31000 Meilen, allein nach der Bahnberechnung von Encke entfernt er ſich im Aphel von der Sonne bis zu 8600 Millionen Meilen und vollendet ſeinen Umlauf in 8800 Jahren. Wenn alſo Newton's Vermuthung richtig wäre, ſo würde der Zuſammenſturz des Kometen mit der Sonne in etwa 45000 bis 54000 Jahren ſtattfinden. Inzwiſchen entbehrt dieſe Vermuthung, wie wir jetzt behaupten können, jedes Grundes, und es iſt höchſt wahrſcheinlich, daß die Bahn dieſes Kometen innerhalb eines Zeitraumes von 8800 Jahren die bedeutendſten Umgeſtaltungen erleidet.

Das Auflodern eines Sternes, der früher nur als ein Sternchen 9. oder 10. Größe am Himmel ſtand, im Jahre 1866, zu einer Zeit, wo die Spectralanalyſe ein Mittel bot, analyſirend bis in die entfernteſten Tiefen des Weltraumes einzudringen, hat die Frage nach der wahren Urſache der ſogenannten neuen Sterne entſchieden. Die Unterſuchung mittels des Spectroſcopes ergab zwei Spectra. Das eine zeigte Aehnlichkeit mit demjenigen unſerer Sonne; es bewies das Vorhandenſein einer glühenden Lichtquelle, die von minder heißen Dämpfen umhüllt iſt. Das zweite Spectrum zeigte die Anweſenheit einer bedeutenden hochglühenden Gasmaſſe. Huggins, der dieſe Beobachtungen angeſtellt, glaubt, das plötzliche Auflodern des Sternes ſei dadurch hervorgebracht worden, daß ſich aus dem Innern jenes Fixſternes plötzlich eine große Menge Waſſerſtoff entwickelt habe, der, in Brand gerathend, die feſte Maſſe zum Glühen

erhitzte. Dieſe Erklärung iſt indeß entſchieden unrichtig. Denn erſtlich iſt gar nicht einzuſehen, woher die erforderlichen Mengen von Waſſerſtoff gekommen ſein ſollen; aus dem Innern des Fixſternes, wie Huggins glaubt, ſicherlich nicht, denn dieſer Fixſtern beſitzt ein Spectrum, wie unſere Sonne, d. h. er iſt ſtets eine glühende Gasmaſſe geweſen, die von einer weniger heißen Gashülle umgeben iſt, wo ſollte da der Waſſerſtoff, ohne ins Glühen zu gerathen, bis zum Jahre 1866 geblieben ſein? Ferner zeigt aber auch das Spectrum nicht den brennenden, ſondern vielmehr das Vorhandenſein von glühendem Waſſerſtoff an, was ebenfalls mit der Erklärung von Huggins nicht in Einklang zu bringen iſt. Es verbleibt nur die Annahme des Herabſturzes einer planetariſchen Maſſe auf jenen Fixſtern, und dieſe Annahme iſt in der That ausreichend, um von allen beobachteten Erſcheinungen Rechenſchaft zu geben. Die Thatſache, daß die meiſten neuen Sterne in der Nähe der Milchſtraße, oder in dieſer ſelbſt aufloderten, iſt nicht dadurch zu erklären, daß nach dieſer Richtung hin vorzugsweiſe ſolche Geſtirne liegen, welche zu exploſiven, kurzzeitigen Lichtproceſſen geeignet ſind, ſondern vielmehr dadurch, daß in der Milchſtraße überhaupt weitaus die meiſten Sterne ſtehen. Wo aber die zahlreichſten Sterne ſtehen, kann man natürlich auch am häufigſten auf ſolche Phänomene rechnen, welche das plötzliche Aufloderu einzelner dieſer Sonnen bedingen.

Die Urſache des Herabſturzes planetariſcher Maſſen auf ihren Centralkörper iſt nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen hauptſächlich in dem Widerſtande zu ſuchen, welchen der Aether der tangentialen Bewegung entgegenſetzt. Daß der Aether allenthalben im Weltraume verbreitet iſt, beweiſt die Sichtbarkeit der Geſtirne; ob freilich dieſelbe unfaßbar feine Materie auch die Bahn des Encke'ſchen Kometen ver-

engt, ist eine andere Frage, die man sehr geneigt sein dürfte zu verneinen, weil diese Abnahme verhältnißmäßig äußerst bedeutend sich herausstellt, während man gezwungen ist, den Aether von höchster Feinheit und daher geringster Widerstandsfähigkeit anzunehmen. Wie dem aber auch immer sein möge, jedenfalls beweist die Thatsache, daß durch den ganzen, uns sichtbaren Weltraum ein äußerst feines ponderabeles Fluidum verbreitet ist, daß der ganze Complex der uns wahrnehmbaren Weltkörper ein einheitliches, mit einander in engen Beziehungen stehendes Ganzes bildet, das einer allgemeinen Ursache sein ordnungsmäßiges Dasein verdankt.

II.

Im vorigen Briefe habe ich kurz zu zeigen versucht, daß der Bau der Welt, so weit er unseren Sinnen erreichbar ist, keineswegs etwas in sich Abgeschlossenes, für alle Zeiten Vollendetes vorstellt, sondern daß in demselben stetige Veränderungen vor sich gehen und zwar von solchem Umfange und solcher Bedeutung, daß sie unserer Wahrnehmung, selbst in der kurzen Spanne Zeit, die das Menschengeschlecht bis jetzt auf solche Beobachtungen verwenden konnte, nicht ganz zu entgehen vermochten. Wenn hiernach das alte Axiom von der Unverderblichkeit des Himmels sich im Einzelnen als unzulässig erweist, so kann man aber doch fragen, ob nicht die Veränderungen in den einzelnen Gliedern des Weltgebäudes, das Erlöschen und Aufflackern von Sternen, der Herabsturz von Kometen und Meteorsteinen auf andere gerade in deren Bahn befindliche Weltkörper, nur relativ geringfügig bleiben, und der Zustand des Gesammtbaues im Großen und Ganzen dadurch nicht alterirt wird. Diese Frage ist eine äußerst wichtige und höchst interessante, aber natürlich an der Hand der reinen Beobachtung unlösbar.

Nach dem, was im ersten Briefe von dem Aether entwickelt worden, ist es klar, daß der Herabsturz planetarischer Massen auf ihre Centralkörper, wie er bei einzelnen Sternen im Laufe der geschichtlichen Ueberlieferung nachweislich stattgefunden hat, auch für jeden anderen von Planeten umkreisten Fixstern stattfinden wird, wenn wir nur einen genügenden Zeitraum zu Hilfe nehmen. In dieser Beziehung steht es aber in unserem Belieben, alle erforderlichen Summen von Jahrtausenden und Jahrmillionen zu gewähren und das Ende wird jedesmal die Vernichtung eines Planeten in seinem Herabsturze auf die Sonne sein, die er früher umkreiste. Dieser Schluß gilt gleichmäßig für alle Regionen des uns sichtbaren Weltalls und für jedes Sonnensystem im Raume. Weiter schließend findet man, daß ganz aus dem nämlichen Grunde im Verlaufe einer genügend langen Zeit Sonnen auf Sonnen stürzen und zuletzt Sternhaufen mit Sternhaufen sich in ein einziges Chaos verwandeln werden, das ebenfalls, wenn wiederum eine genügend lange Zeit verstrichen ist, sich mit den Trümmern anderer Sternhaufen vereinigen muß, bis zuletzt die, endlich vorausgesetzte, Gesammtmaterie des Weltgebäudes, in einem einzigen Sein vereinigt erscheinen würde. Das wäre dann das Ende des ganzen Universums. Allein, ist eine solche Aussicht wahrscheinlich? Gibt es nicht andere Kräfte, welche den Zusammensturz des Ganzen aufhalten, oder aus den Trümmern des alten einen neuen Bau errichten werden? Solche Kräfte wird Jeder gern annehmen, der mit Leibnitz die Welt wie sie ist für die beste aller möglichen Welten hält, und daher, wenn sich die Existenz solcher Kräfte nicht nachweisen läßt, den Finger der Allmacht zu Hilfe rufen, um das Weltgebäude vor der Zerrüttung zu bewahren. Ein derartiges Raison-

nement geziemt sich aber freilich für den Naturforscher nicht. Die Meinung, daß die vorhandene Welt die beste aller denkbaren Welten sei, ist zuletzt durch Nichts begründet, sondern bloß eine Concession an die menschliche Eitelkeit, und die Zuhilfenahme der göttlichen Allmacht zur Realisirung einer Lieblingsidee ist nichts als das deutlichste Eingeständniß des Mangels an Gründen. Es bleibt also nichts übrig als zuzusehen, ob nicht gewisse allgemein verbreitete Kräfte in der Natur als Gegengewicht oder Stütze den Zusammensturz des Ganzen aufzuhalten vermögen. Clausius ist der Meinung, daß alle Zustände des Weltalls einer gewissen Grenzlage zustreben, einem Zustande des Gleichgewichts und der todten Beharrung, in welchem keinerlei Veränderungen mehr stattfinden werden und können. Er nennt diesen Zustand Entropie und leitet die Nothwendigkeit desselben aus dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmelehre ab. Fr. Mohr hat in seinem geistreichen Buche „Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft" dieses Ergebniß lebhaft angegriffen. „Zu dem Resultate," sagt er, „daß die Entropie der Welt einem Maximum zustrebe, liegt kein Grund vor, vielmehr kann man mit Bestimmtheit behaupten, daß das Maximum der Entropie bereits seit unendlicher Zeit erreicht ist. Im Weltgebäude selbst sehen wir keinen Fall, wo Massenbewegung (und eine andere kennen wir außer Wärme und Licht nicht im Weltall) in Wärme umgesetzt wird; wir müssen also auf unsere Erde zurückgehen. Auch diese steht in Bezug auf Wärme mit der Sonne bereits im Gleichgewicht: die Pole starren ewig von Eis und der tropische Gürtel liegt unter den senkrechten Strahlen der Sonne. Weder Kälte noch Wärme nehmen zu oder ab, so lange die Intensität der Sonne und die Entfernung von dieser

ungeändert bleibt. Alle mechanische Bewegung löst sich im Kleinen in Wärme auf und verfliegt in's Weltall und eine gleiche Menge Wärme, von der Sonne kommend, setzt sich in Wind und flüssiges Wasser und chemische Differenz um. Es ist kein Grund vorhanden, zu glauben, daß dieser Zustand nicht ewig dauern könne, so lange die Sonne leuchtet. Wir richten also an die Sonne die Frage ob sie ewig leuchten könne und müsse. Wenn die auf der Sonne befindliche Summe von Wärme abnehmen soll, so muß sie auf andere Weltkörper übertragen werden. Die sie umkreisenden Planeten können, wie wir an der Erde sehen, nichts mehr von ihr aufnehmen, was sie nicht in der folgenden Nacht wieder verlieren sollten. Zudem ist ihre Masse so unendlich klein, und sind die in dem Weltraume neben ihnen vorbeifliegenden Wärmestrahlen so unendlich groß, daß von einer Zunahme des Planeten an Wärme, die aber gar nicht stattfindet, eine Abnahme der Sonne nicht eintreten kann. An die anderen Fixsterne kann aber die Sonne selbst nichts verlieren, denn diese sind der Sonne gleich zu achten. Wo soll nun aber die Wärme hinkommen, da sie doch nicht aus der Welt heraus kann, und die Größe des Weltalls auch aus dem Gesetze der Gravitation eine unendliche sein muß? Wenn nun der leere Raum des Weltalls, oder wenn man will, der mit verdünnter Luft oder Aether gefüllte Raum, bereits längst diejenige Menge Wärme aufgenommen hat, die er überhaupt aufnehmen kann, so können die von den Sonnen ausgehenden Strahlen nur wieder auf andere Sonnen fallen und jede Sonne muß in ewigem Gleichgewichte so viel Wärme empfangen als sie ausstrahlt. Will man mit der Zeit eine Abnahme der Sonnen an Wärme voraussetzen, so muß man erst nachweisen, wo diese

Wärme hinkommen soll, da sie nicht verschwinden kann; andererseits setzt jede Abnahme in der Zeit eine Entstehung des Weltalls in der Zeit voraus, gegen welche die Natur der Materie und der Kraft, als unvergängliche Objekte, streitet, und gibt man die Existenz der Welt ohne Anfang zu, so ist nicht einzusehen, warum seit der unendlichen Zeit ihres Bestehens alle Veränderungen und Ausgleichungen nicht sollten stattgefunden haben, die überhaupt im Laufe der Zeiten eintreten können."

Trotzdem ich Herrn Professor Mohr für einen der schärfst denkenden Naturforscher der Gegenwart halte, kann ich nicht umhin, die Zulässigkeit seiner vorstehend mitgetheilten Ausführungen zu bezweifeln. Die Bemerkung, daß im Weltgebäude kein Fall nachweisbar sei, wo Massenbewegung in Wärme umgesetzt werde, wird durch die Ergebnisse der Spectralanalyse in der Untersuchung des 1866 erschienenen neuen Sternes in der nördlichen Krone widerlegt, so wie ferner durch die Bemerkung, daß, weil der Weltraum nicht absolut leer angenommen werden kann, mit der Zeit sämmtliche Planeten auf ihre Centralkörper herabstürzen müssen. Diese Schlußfolgerung ist unangreifbar. Eine fernere Ursache zu Einwendungen gibt die Bemerkung, daß die von den einzelnen Sonnen ausgehenden Strahlen nur wieder auf andere Sonnen fallen, und jede Sonne in ewigem Gleichgewichte so viel Wärme empfange als sie ausstrahle. Man muß nämlich hiebei fragen, weßhalb denn die Wärme der einzelnen Fixsterne bloß diesen untereinander zu Gute kommen solle und die Planeten leer ausgehen müssen, da in Bezug auf das Auffangen der von den zahllosen Fixsternen einander zugeschickten zahllosen Wärmestrahlen ein Planet doch offenbar von einer Sonne sich nur insoferne unterscheiden kann, als die

Oberfläche dieſer letzteren größer wie die Planetenoberfläche iſt. Ich habe im erſten Briefe die Quantität der von der Sonne jährlich ausgeſtrahlten Wärmemenge angegeben. Wenn dieſe Wärmemenge ihr lediglich von der Fixſternwärme wiedererſetzt würde, ſo würde derjenige Theil der letzteren, welche in derſelben Zeit auf die Erdoberfläche fällt, in demſelben Verhältniſſe geringer ſein, als die Erdoberfläche kleiner iſt wie die Oberfläche der Sonne; dieſes Verhältniß iſt wie 1 : 11000. Es bedarf keiner Bemerkung, daß eine ſolche Wärme der Erde von den Fixſternen gar nicht zugeführt wird. Was ſie in dieſer Beziehung erlangt, iſt ſo überaus gering, daß es nur bei einigen wenigen Sternen Huggins neuerdings gelungen iſt, mit den empfindlichſten Apparaten die Wärmeſtrahlung derſelben eben noch zu erkennen.

Es ſcheint alſo, als wenn der von Clauſius behauptete Grenzzuſtand der Welt in der That angeſtrebt würde. Ich habe ſelbſt dieſem Schluſſe des berühmten Phyſikers lange zugeſtimmt, indem ich kein Mittel ſah, das drohende Geſpenſt der mit der Zeit über das Weltall hereinbrechenden feſten, ſtarren Unbeweglichkeit zu beſchwören. Zuletzt bin ich indeß doch auf einen Einwurf gekommen, der gegen die Schlüſſe von Clauſius ſchwerwiegend in die Wagſchale fällt. Ich will verſuchen, dieſen Einwurf hier zu entwickeln und zu begründen.

Den Weltraum müſſen wir uns als unendlich als ſchrankenlos vorſtellen, indem der Verſtand uns ſagt, daß es abſurd ſei, irgend eine Grenze des Raumes annehmen und behaupten zu wollen, daß jenſeits dieſer Grenze kein Raum mehr vorhanden ſei. Dieſer unendliche Raum iſt von Weltkörpern erfüllt, aber der weitere häufig gezogene Schluß, daß die Zahl dieſer Weltkörper ebenfalls unendlich

groß sei, entbehrt jeder thatsächlichen Begründung. Uebrigens würde auch in diesem Falle die Entropie kein Maximum erreichen können.

Innerhalb dieser begrenzten Summe von Materie kann aber niemals die Bewegung vernichtet werden; denn selbst wenn sämmtliche Temperaturdifferenzen in einem gegebenen Augenblicke ausgeglichen wären, so würden im nächsten schon wieder durch das Spiel der gegenseitigen Attraktion die Bedingungen zu neuen Wärmeunterschieden gegeben sein. Die ganze Masse der Materie kann aber auch niemals sich dauernd zu einem formlosen Chaos vereinigen, weil durch diese Massenbewegung genau ebenso viel Wärme wiedererzeugt würde, um die ursprünglichen Abstände der einzelnen Massentheilchen wieder herzustellen. Das Gesetz der Trägheit verlangt keineswegs einen ursprünglichen Zustand der Ruhe der Materie, dieser wäre vielmehr ein Ausnahmefall und ist weit unwahrscheinlicher, als die Annahme, daß sich die einzelnen Massentheilchen ursprünglich nach den verschiedenartigsten Richtungen bewegten. Diese ursprüngliche Bewegung kann aber niemals gleich Null werden, ebensowenig wie sie aus den in der Materie selbst thätigen Kräfte sich entwickeln kann, wenn jene von Anfang an unbeweglich gewesen wäre. Sonach müssen wir annehmen, daß zwar die einzelnen Gestaltungen der Materie, wie sie uns im Baue der Himmelskörper und der himmlischen Systeme erscheinen, vergänglich sind, daß aber die gesammte Materie niemals sich zu einem todten Beharrungszustande hinneigt, sondern stets zu neuen Bildungen und neuen Systemen sich differenzirt. Wir haben hier einen ununterbrochenen Kreislauf vor uns; nach allem was wir wissen, müssen wir gestehen, daß die Einrichtungen der Natur für eine ewige Kette

von ſich gegenſeitig bedingenden Erſcheinungen, berechnet ſind. Der Naturforſcher erblickt vorwärts und rückwärts nur Ewigkeit; von ſeinem Standpunkte aus muß er die Materie mit den ihr innewohnenden Geſetzen als zu jeder gegebenen Zeit vorhanden betrachten. Der Glaube iſt es, der dieſe Kette löſt, und an Anfang wie Ende derſelben ein allmächtiges Wort ſetzt.

Von großen Geſichtspunkten ausgehend, war ſchon der ältere Herſchel beſtrebt, in den Tiefen des Himmelsraumes den Veränderungen nachzuſpüren, welche im Laufe der Zeit im Baue der ſideriſchen Welt vor ſich gegangen ſind. Er glaubte in der That Regionen des Himmels aufgefunden zu haben, welche die deutlichſten Spuren von Verwüſtungen durch die Zeit an ſich tragen. „Im Leibe des Skorpions", ſagt er, „iſt eine Oeffnung, welche wahrſcheinlich von dieſer Urſache herrührt. Ich fand dieſe Oeffnung, als ich in dem Parallelſtreif von 112° bis 114° Nordpoldiſtanz aichte.*) Die Anzahl der Sterne nahm, wie ich mich der Milchſtraße näherte, ſtufenweiſe zu, als ſie plötzlich bis auf Null ſank, worauf ſie wieder auf 4—13 und gleich darauf auf 41 anwuchs. Dieſe Oeffnung iſt wenigſtens 4 Grad breit, aber ihre Höhe habe ich noch nicht beſtimmt. Es iſt merkwürdig, daß einer der reichſten und zuſammengedrängteſten Sternhaufen, die ich mich jemals geſehen zu haben erinnere, gerade am weſtlichen Rande der Oeffnung liegt und beinahe zu der Muthmaßung berechtigt, daß die Sterne, aus denen er

*) Das Aichen (Stare Gage) Herſchels iſt nichts anderes als ein Zählen der Sterne im Geſichtsfelde eines Teleſcops, um die mittlere Sternenzahl in den verſchiedenen Regionen des Himmels, dann auch die Ausdehnung unſeres Fixſternſyſtems nach dieſen Richtungen hin zu ermitteln.

beſteht, ſich von jener Stelle geſammelt und die Lücke hinterlaſſen haben. Was dieſe Anſicht nicht wenig beſtätigt, iſt der Umſtand, daß dieſelbe Erſcheinung noch einmal bei einem Sternhaufen vorkommt, der ebenfalls am weſtlichen Rande einer andern Lücke ſteht und noch überdies eine kleine Sterngruppe oder einen leicht auflöslichen Nebelfleck von 2½ Minuten im Durchmeſſer nordweſtwärts bei ſich hat."

Die beiden Sternhaufen, die Herſchel hier erwähnt, finden ſich am Himmel in folgenden Poſitionen (für 1860):

Rectaſcenſion	16^h	8^m	41,9^s
„	16	15	3,6
Nordpoldiſtanz	112°	37,	34,1"
„	116	11	11,1

Auch die Milchſtraße ſelbſt zeigt nach William Herſchel bereits Spuren von Veränderung und Zerſtörung. „Wenn jemals", bemerkt der große Himmelsforſcher, „die Milchſtraße aus gleichförmig zerſtreuten Sternen beſtand, ſo lehrt gegenwärtig der Augenſchein, daß dies nicht mehr der Fall iſt. In klarer Nacht kann man den Zug der Milchſtraße zwiſchen den Sternbildern des Schützen und des Perſeus durch nicht weniger als 18 verſchiedene Schattirungen glimmenden Lichtes bezeichnen, die dem Ausſehen großer, leicht auflösbarer Nebelflecke gleichen. Außer dieſen allgemeinen Abtheilungen berechtigen uns gewiſſe Beobachtungen, das Aufbrechen der Milchſtraße in kleinere Theile zu vermuthen, als unvermeidliche Folge der Haufen bildenden Kraft, die aus den überwiegenden Anziehungen entſteht, welche überall in ihrem Umfange ſich befinden. Ich habe 157 Beiſpiele von Sternhaufen angegeben, die ſich in der Milchſtraße befinden. Man muß dieſen noch 68 weitere hinzufügen, die in den weniger

reichen Theilen, oder wie man sie auch nennen kann, den verschwindenden Rändern der Milchstraße liegen. Denn dieses unermeßliche Sternenlager bricht keineswegs, wie dies gewöhnlich die Himmelskarten darstellen, plötzlich ab, sondern wird allmälig dem Auge unsichtbar, wenn die Sterne nicht mehr zahlreich genug sind, um den Eindruck desselben Nebelschimmers hervorzubringen. Da nun die Sterne der Milchstraße ununterbrochen der Einwirkung einer Kraft ausgesetzt sind, welche sie unwiderstehlich in Gruppen zusammenzieht, so können wir überzeugt sein, daß von dem Zustande bloßer Annäherung zu Haufen, sie stufenweise mehr und mehr durch fortschreitende Zustände von Anhäufung zusammengedrängt werden, bis sie endlich dahin gelangen, was wir die Periode der Reife nennen können, nämlich zu kugelförmiger Gestalt und gänzlicher Isolirung. So muß die Milchstraße mit der Zeit aufbrechen und aufhören ein Lager zerstreuter Sterne zu sein. Wir können aber noch einen wichtigen Schluß aus dieser allmäligen Auflösung der Milchstraße ziehen. Der Zustand, in welchen die unaufhörlich wirkende, haufenbildende Kraft sie bis jetzt gebracht hat, ist eine Art von Chronometer, um die Zeit ihres vergangenen und zukünftigen Daseins zu messen. Obgleich wir den Gang dieses geheimnißvollen Chronometers nicht kennen, so ist dennoch gewiß, daß, ebenso wie das Aufbrechen der Milchstraße in einzelnen Theilen uns den Beweis gibt, daß sie nicht ewig dauern kann, wir darin ebenfalls ein Zeugniß haben, daß sie nicht von Ewigkeit her bestand." Das auffallendste Beispiel des Strebens nach Zusammenhäufung der Sterne und Trennung der Milchstraße in mehrere abgesonderte Theile, zeigt sich nach William Herschel zwischen β γ im Schwan, wo die Haufenbildung nach zwei verschie-

denen Gegenden vor sich geht. Nach einer Berechnung, die sich auf Beobachtungen über die Sternenzahl in verschiedenen Gesichtsfeldern des Telescops (d. h. also auf Sternaichungen) gründet, läßt sich folgern, daß dort auf einem Raume von 5 Grad Breite mehr als 331000 Sterne stehen, von denen sich die eine Hälfte nach der einen, die andere nach der andern Seite hinzieht. Diese großartige Ansicht ist freilich nicht über jeden Einwurf erhaben. Wir kennen nämlich bloß die optische Ausstreuung dieser Sterne an der Himmelsdecke und wissen im Einzelnen nichts ganz Sicheres über ihre Stellung zu einander im Raume. Jenes Auseinandertreten der bezeichneten Sternanhäufungen könnte daher auch sehr wohl bloß ein optisches sein und dadurch hervorgerufen werden, daß sowohl jene Sternschwärme, als auch der Fixsternhaufen, zu dem wir selbst zunächst gehören, Eigenbewegungen im Raume besitzen, und in Folge dieses Umstandes allein, nicht aber veranlaßt durch haufenbildende Kräfte, das Auseinandertreten derselben an der Himmelsdecke für unser Auge hervorgerufen wird. Ueber die hier behandelten Erscheinungen, welche uns die himmlischen Körper im Weltenraume darbieten, würden wir zweifellos weit gründlicher und sicherer urtheilen, und die großen Gesetze, nach welchen sie stattfinden, weit klarer erkennen können, wenn unsere Beobachtungen sich über den Zeitraum von mehreren Millionen Jahren erstreckten. Unsere ephemere Existenz und der Umstand, daß die Erforschung der Tiefen der Himmelsräume erst von gestern datirt, beraubt uns jeder Hoffnung, aus den wirklich wahrgenommenen Veränderungen in dem Baue und den Lagerungsverhältnissen der Sternhaufen, Schlüsse über die Gesetze, nach welchen sie vor sich gehen, über die Bildung und Geschichte des

Weltenbaues zu ziehen. Unter diesen Umständen hat William Herschel mit großem Scharfsinne zuerst den einzigen Weg betreten, der einige Möglichkeit der Aussicht gewährt, an der Hand directer Beobachtungen der Lösung dieses gewaltigsten Problems, das sich dem menschlichen Geiste darbieten kann, ein paar Schritte näher zu rücken. Dieser Weg besteht in der vergleichenden, kritischen Untersuchung der neben einander bestehenden Formen, um daraus auf das Nacheinander, auf die Bildungs- und Entwicklungsgeschichte der Weltsysteme zu schließen. Diese Methode, den Himmel zu betrachten, sagt Herschel selbst, scheint ihn in ein neues Licht zu setzen. Nun gilt die Ansicht, als gleiche er einem üppigen Garten, der eine große Mannigfaltigkeit von Erzeugnissen in verschiedenen, blühenden Beeten enthält; und ein Vortheil, den wir wenigstens aus demselben einernten können, ist der, daß wir gleichsam den Schwung unserer Erfahrung auf eine unermeßliche Dauer ausdehnen können. Denn, um das Gleichniß fortzusetzen, das ich dem Pflanzenreiche entlehnte, so ist es nicht gleichgiltig, ob wir fortleben, um nach und nach das Sprossen, Blühen, Belauben, Früchtetragen, Verwelken und Verwesen einer Pflanze anzusehen, oder ob eine große Zahl von Exemplaren, die aus jedem Zustande, den die Pflanze durchläuft, erlesen sind, uns auf einmal vor Augen gelegt wird.

Das ist klar, daß bei Untersuchungen, die auf die soeben bezeichnete Weise geführt werden müssen, leicht beträchtliche Irrthümer mit unterlaufen und die Richtigkeit der gezogenen Folgerungen bedenklich trüben können. Auch sind die Entwicklungen Herschel's hievon nicht verschont geblieben. Der große und scharfsinnige Mann hat seine Ansichten über den Bau und die Entwickelungs-

geſchichte der Himmelskörper im Laufe ſeines Lebens mehrfach beträchtlich geändert, ja, was die Stellung der Milchſtraße im Univerſum anbelangt, ſich genöthigt geſehen, am Abende ſeines Lebens die Vorſtellungen, welche er ſich hierüber gebildet hatte, zu widerrufen. Wenn man die phyſiſche Unbedeutendheit des Menſchen und ſeine vorübergehende Exiſtenz bedenkt, wenn man ſich erinnert, daß der Erdenbewohner an einen kleinen Planeten gefeſſelt iſt, der im Vergleich zu den Dimenſionen des uns ſichtbaren Theiles der Welt ſeinen Ort und Raum ſelbſt im Verlaufe von Jahrtauſenden nur unbedeutend verändert: ſo wird man leicht geneigt, ſich ſehr zweifelnd allen Unterſuchungen gegenüber zu verhalten, bei welchen ganze Sonnenſyſteme mit ihren zahlloſen Planeten und Kometen kaum eine größere Bedeutung beanſpruchen und finden können, wie einzelne Sandkörner in einer unabſehbaren Wüſte. Betrachtungen über die Entwicklung des Fixſternhimmels gehören aber deshalb doch nicht dem rein mythiſchen Theile der Naturwiſſenſchaften an, weil wir gezwungen ſind, mit gigantiſchen Verhältniſſen zu rechnen, ungeheure Räume, zahlloſe Weltkörper und unfaßbare Zeitperioden zum Gegenſtande unſerer Beobachtungen und Vernunftſchlüſſe zu machen. Freilich können wir hierbei im beſten Falle nur allgemeine Anſichten gewinnen und in großen Zügen uns ein Bild von der Art und Weiſe entwerfen, wie die Syſteme von Himmelskörpern, die ſich unſern forſchenden Blicken darbieten, entſtanden ſind: aber welche großartige Perſpective eröffnet ſich ſchon hiemit unſerm geiſtigen Sinne! Mit welchen anderen Gedanken betrachten wir jetzt den nächtlichen Himmel und den herrlichen Sternenteppich, der ſich in jeder klaren Nacht über unſerm Haupte ausbreitet! Wir erblicken im Geiſte alle

die Syſteme himmliſcher Körper, ſoweit ſie in unſeren vollkommenſten Ferngläſern ſichtbar ſind, ſich im Laufe der Zeit entwickeln, und wieder hinabſinken in die Nacht des Nichts, um neuen Bildungen Platz zu machen. Denn unſer Verſtand ſagt uns, daß, wofern nur die genügende Zeit gegeben iſt, der ganze Himmel mit allen ſeinen Sonnen, Sternſchwärmen und Nebelflecken ſich zu neuen Bildungen umwandeln wird. Wie es eine Zeit gab, in der die Milchſtraße, die heute ihren mildleuchtenden Bogen um den Himmel zieht, nicht war, ſo wird auch die Zeit kommen, wo ſie nicht mehr exiſtiren wird, ſondern vielleicht eine andere Milchſtraße, aus andern Sternen und Sternſchwärmen zuſammengeſetzt, ſich den Augen eines denkenden Weſens am nächtlichen Firmamente zeigt. Zwiſchen ſolchen wechſelnden Zuſtänden müſſen freilich Zeiträume ablaufen, zu deren Erfaſſung der Flug des kühnſten Verſtandes nicht ausreicht, die niemals ein irdiſches Weſen beſtimmen oder abmeſſen wird. Denn ehe der geſammte Cosmos auch nur einmal einen ganzen Kreislauf vollendet hat, müſſen längſt die Sonnen, die heute wie vor Jahrtauſenden am Fixſternhimmel glänzen, erloſchen ſein, wird längſt das kleine Stäubchen Erde, der „Tropfen am Eimer", der uns beherbergt, das Ende ſeines Daſeins in der Gluth unſerer Sonne gefunden haben. Kein lebendiges Weſen kann ſich in ſeinen Nachkommen über eine ſolche Weltperiode hinaus erhalten, dem rohen Stoffe bleibt hier die Herrſchaft über die Welten durchforſchende Intelligenz.

Wenn es uns daher unzweifelhaft iſt, daß der geſammte Weltenorganismus ſich in ſeiner Entwicklung zu ſolchen Metamorphoſen hinneigt, ſo wird es doch niemals einem denkenden Weſen gegeben ſein, mit Gewißheit zu ergründen, ob die Umbildungen ſich bloß auf einzelne

Theile erſtrecken und niemals das Ganze zu ſeinen Embryonalzuſtänden zurückkehren wird, oder ob die einzelnen Weltſyſteme ſich ſucceſſive vereinigen und aus dem Ganzen ein durchaus neues Univerſum ſich bilden wird. Der menſchliche Geiſt wird ſich mit der letzteren Annahme am eheſten für befriedigt erklären; aber es iſt Zeit, ſich von dieſen Betrachtungen, die alles menſchliche Forſchen und Faſſen überſteigen, wiederum in die Gegenwart zurückzuverſetzen und die Vorgänge zu ſtudiren, die bei Entſtehung und Ausbildung der Partialſyſteme ſtattfinden.

In dieſer Beziehung hat der ältere Herſchel beharrlich darauf hingewieſen, daß wir in den großen, bleichen, formloſen Nebelflecken die Embryonalzuſtände der Sonnenſyſteme und vielleicht der Sternhaufen vor uns haben. Dieſe Nebelmaſſen wären demnach die jüngſten Bildungen in der Reihe der Formen, die uns in den Himmelsräumen begegnen. Ihre Zartheit, Formloſigkeit und Lichtſchwäche veranlaßten den genannten großen Forſcher, die Materie der Nebelflecke als in einem Zuſtande höchſter Feinheit, d. h. als ein äußerſt wenig dichtes Fluidum anzuſehen. Die Menge dieſes nebeligen Stoffes im Weltraume iſt höchſt bedeutend, indem die Beobachtungen des älteren Herſchel allein mehr als 150 Quadratgrade des Himmels davon überzogen aufweiſen, und wegen der Lichtſchwäche dieſer Maſſen natürlich nur die hellſten Partien in den mächtigſten Teleſcopen ſichtbar ſind. Um eine Vorſtellung von der Zartheit dieſer Nebelmaterie zu erhalten, muß man ſich daran erinnern, daß ihre zwei Dimenſionen Länge und Breite ſehr beträchtliche Räume, an ſcheinbarer Größe der Mondſcheibe meiſt vergleichbar, bedecken, die dritte Dimenſion, die Tiefe oder Dicke der Schicht daher ebenfalls beträchtlich ſein muß, nichtsdeſto-

weniger aber leuchten dieſe Nebel in einem ſo äußerſt ſchwachen, ſchimmernden Lichte, daß Herſchel dieſelben meiſt nur dann erkennen konnte, wenn er das Auge vorher im Dunkeln ausgeruht hatte. Dieſer äußerſten Zartheit entſpricht auch die Formloſigkeit. Denn es iſt einleuchtend, daß, wenn eine Materie gleichmäßig, in äußerſt kleine Theilchen zertrennt, gewiſſermaßen in Dunſt aufgelöſt, und über einen großen Raum zerſtreut iſt, alsdann die Attraktion der einzelnen Moleküle aufeinander eine ungleich langſamere Wirkung ausüben muß, als in dem Falle einer gröberen Zerſtreuung der Materie. Die formloſen, großen äußerſt ſchwachen Nebelſchimmer ſind, wie bereits hervorgehoben worden, wahrſcheinlich die jüngſten Gebilde im Weltengarten; nichtsdeſtoweniger beträgt ihr Alter gewiß viele Millionen Jahre, d. h. ſie befinden ſich ſeit Millionen von Jahren in dem Embryonalzuſtande, in welchem wir ſie heute noch erblicken. Ueber die eigentliche Natur, d. h. die chemiſche Zuſammenſetzung dieſer Nebelmaſſen, hat erſt die Spectralanalyſe ſichere Aufſchlüſſe geben können; die vergleichende Unterſuchung dieſer Gebilde durch mächtige Telescope konnte natürlich nur allgemeine phyſikaliſche Eigenſchaften erkennen laſſen, die nun, zuſammengehalten mit den Reſultaten der ſpectroſkopiſchen Analyſe, zu wichtigen weiteren Schlüſſen leiten. Seit Huggins und Miller zuerſt das Licht einiger Nebelflecke analyſirten und hierdurch erkannten, daß dieſe Nebelmaſſen ungeheure Anhäufungen glühenden Gaſes ſind, worin Waſſerſtoff und Stickſtoff die Hauptrolle ſpielen, haben weitere Unterſuchungen ergeben, daß ſowohl die Temperatur dieſer Nebelmaſſen im Vergleiche zu derjenigen der Sonne eine niedrige, als auch ihre Dichtigkeit eine ungemein geringe ſein muß. Die ſpectroſkopiſch unter-

ſuchten Nebel gehören aber in die Klaſſe der helleren Objecte dieſer Art, alſo zu denjenigen, welche bereits eine gewiſſe Condenſation oder Verdichtung erlangt haben. Die Dichtigkeit der großen diffuſen Nebel, die Herſchel in ſeinem vierzigfüßigen Telescope nur als äußerſt ſchwache Schimmer erkennen konnte, muß daher eine über alle Vorſtellung geringe ſein. Der zuerſt von Huggins im Auguſt 1864 unterſuchte Nebel (Herſchel Nr. 4374) gehört zu den glänzenden, unregelmäßig runden und ziemlich großen Gebilden dieſer Art, ſein Ort am Himmelsgewölbe iſt für 1860:

Rectaſcenſion $17^h\ 58^m\ 42{,}4^s$,
Nordpoldiſtanz $115^0\ 0'\ 52''0$.

Dieſes Gebilde befindet ſich bereits in einem fortgeſchrittenen Zuſtande. Die Materie, aus der es beſteht, hat vielleicht viele Millionen Jahre gebraucht, ehe ſie durch gegenſeitige Anziehung und Ausſtrahlung ſich auf ihren heutigen Zuſtand verdichtete. Man muß ſich aber wohl hüten, zu glauben, daß jede diffuſe Nebelmaſſe ſich zu einem einzigen helleren Nebel verdichtete; es iſt im Gegentheile wahrſcheinlich, daß dieſe ausgedehnte Materie meiſt in mehre Stücke zerfällt, indem an verſchiedenen Stellen derſelben ſich im Laufe der Zeit Anziehungscentra bilden. Schon der ältere Herſchel bemerkt, daß die meiſten Nebel nicht einzeln, ſondern in Schichten oder Lager geordnet auftreten. In ſeiner erſten Abhandlung über den Bau des Himmels hebt er ein Nebellager hervor, von ſolcher Reichhaltigkeit, daß bloß in einem Abſchnitte desſelben, der während der täglichen Drehung des Himmels in 36 Minuten das Geſichtsfeld ſeines Teleſcops durchlief, nicht weniger als 31 neue Nebel auf dem blauen Himmelsgrunde deutlich ſichtbar waren. Nachdem

die urſprüngliche Nebelmaſſe aber einmal in verſchiedene Stücke mit entſprechenden Attractionsmittelpunkten zerfallen iſt, begreift es ſich nun leicht, daß dieſe Stücke gewiſſe ſeitliche Bewegungen beſitzen müſſen, indem ſie ſonſt gegeneinander ſtürzen und ſich um den gemeinſamen Schwerpunkt des ganzen Syſtems vereinigen würden. Da dies nicht der Fall iſt, ſo iſt die ſeitliche, tangentielle, Bewegung der einzelnen Nebelgruppen einer Nebelſchicht nicht zu bezweifeln. Bezieht man die Bezeichnung als zu einander gehörige Nebelmaſſen bloß auf diejenigen Gebilde dieſer Art, welche ſo nahe bei einander ſtehen, daß ſie als doppelte und noch mehrfache Nebel in den Katalogen aufgeführt werden, ſo hat man ſchon eine bedeutende Anzahl von Nebelſyſtemen. In allen dieſen muß alſo Bewegung um den gemeinſamen Schwerpunkt ſtattfinden, wenn wir dieſelbe vorerſt auch noch nicht in unſeren Beobachtungen wahrnehmen können. Dagegen vermögen wir nicht im Einzelnen zu ſchließen, was aus der fortwährenden Condenſation oder Concentration der Nebelmaſſen als letztes Product hervorgeht, ob ein Stern, alſo aus zwei Nebeln ein Doppelſtern, aus dreien ein dreifacher Stern u. ſ. w., oder ob die Materie nochmals zerfällt, und einem Sternhaufen zuletzt ſein Daſein gibt. Letzteres könnte man geneigt ſein, bei den großen Nebelmaſſen anzunehmen, die nach den erſten Stufen ihrer Entwicklung nicht gleich in verſchiedene Stücke zerfallen. Vielleicht iſt das ganze Milchſtraßenſyſtem, welches aus einer zahlloſen Menge von Sternhaufen beſteht, die um eine mittlere Ebene gruppirt ſind, einſt nichts anderes geweſen, als ein großer Nebelfleck, der ſich in eine Menge von kleineren Nebeln gruppirte, aus denen zuletzt die einzelnen Sternhaufen wurden. Soviel iſt jedenfalls gewiß, daß aus den

Urnebelmaſſen im Einzelnen ſehr verſchiedenartige Gebilde hervorgehen. Die Beobachtungen von Herſchel und Lord Roſſe haben dies mit Evidenz gezeigt, indem ſie uns mit verſchiedenartigen Gebilden bekannt machten, die keineswegs als Uebergangsformen zu einem und demſelben Endtypus betrachtet werden dürfen. Ich erinnere in dieſer Beziehung nur an die merkwürdigen Ringnebel, ſowie an die von Roſſe zuerſt aufgefundenen ſonderbaren Geſtaltungen der Spiralnebel. Es iſt höchſt unwahrſcheinlich, daß die runden Nebel, welche gegen das Centrum hin ſchnell und beträchtlich an Helligkeit wachſen, jemals die Form von ringförmigen, in der Mitte durchbohrten Nebelflecken könnten annehmen, vergleichbar demjenigen in der Leyer. Dieſer merkwürdige Nebel zeigt die Linie des Stickſtoffs und zwar erblickt man, wenn der Spalt des Spectroſkops den Nebelfleck ganz durchſchneidet, zwei helle Striche übereinander, die durch einen ſchmäleren verbunden ſind. Dieſe beiden hellen Striche entſprechen den beiden Ringſchnitten, der ſchmälere dem Innern des Ringes, welcher ſich im Teleſcope als von feinem Nebel erfüllt zeigt. Von ſpiralförmigen Nebeln ſind gegenwärtig vier bekannt. Den erſten derſelben erkannte als ſolchen Roſſe im Frühlinge 1845; Sir John Herſchel hatte ihn mit weniger kraftvollen Teleſcopen beobachtet und als runden kugelförmigen Nebelfleck, von einem weit abſtehenden leuchtenden Ringe umgeben, beſchrieben. Den Nebelfleck Nr. 4964 des großen Herſchel'ſchen Kataloges in

Rectaſcenſion $23^h\ 19^m\ 9{,}9^s$

Nordpoldiſtanz $48^0\ 13'\ 57''5$ (für 1860)

hat der ältere Herſchel am 6. Oktober 1784 mit einem ſiebenfüßigen Reflector beobachtet. Er beſchreibt ihn als helle, runde, gutbegrenzte planetariſche Scheibe, von 15"

Durchmeſſer. Nach den ſpäteren Beobachtungen von Laſſell und Roſſe bildet er einen Uebergang zu den Spiralnebeln. Huggins fand das Spectrum desſelben aus vier hellen Linien beſtehend, welche das Vorhandenſein von glühendem Stickſtoff und Waſſerſtoff anzeigten. Der ganze Bau dieſer Klaſſe von Nebeln deutet darauf hin, daß jene merkwürdigen Weltkörper ſich in einem Zuſtande großartigſter Revolutionen befinden. Ungeheure, verſchieden dichte und verſchieden mächtige Ströme der glühenden Materie ſenken ſich in ſpiralförmigen Windungen auf die Centralmaſſe herab, und erzeugen Wirbel- und Umſchwungsbewegungen. Um ſich von der Größe ſolcher Proceſſe eine genügende Vorſtellung zu machen, muß man ſich erinnern, daß dieſelben weitaus alle diejenigen Erſcheinungen übertreffen, welche eintreten würden, wenn unſer ganzes Sonnenſyſtem in glühenden Dunſt aufgelöſt wäre und dieſe Dunſtſtröme in den verſchiedenartigſten Wirbelſtrömungen auf die Centralmaſſe herabſtürzten. Es iſt ſonach wahrſcheinlich, daß wir in den Spiralnebeln ein Stadium des Weltbildungsproceſſes vor uns haben, in welchem ſchon eine ſehr bedeutende Annäherung an diejenigen Zuſtände erreicht iſt, die wir bei den eigentlichen Sonnenſyſtemen erblicken. Die Materie befindet ſich dort ſchon in rotirender Bewegung, welche, in Verbindung mit der ununterbrochen wirkenden Schwere, ſchließlich zur Entſtehung kugelförmiger Weltkörper, die einen gemeinſchaftlichen Schwerpunkt umkreiſen, führen muß. Kant und Laplace haben die Bedingungen näher erörtert, unter welchen aus einer rotirenden Nebelmaſſe ein Sonnenſyſtem, ähnlich dem unſerigen, hervorgehen wird. Man erſtaunt, indem man erkennt, mit wie einfachen Mitteln die Natur die merkwürdigſten und auf

die Dauer von Jahrmyriaden berechneten Einrichtungen erzielt. Ein Nebelball, Rotation desſelben um ſeine Axe, Zuſammenziehung durch Ausſtrahlung, das ſind die Requiſite zur Bildung eines Sonnenſyſtems! Der Nebelball iſt gegeben, indem er ſich im Laufe der Zeiten durch Attraction aus einer formloſen Nebelmaſſe bildete. Die Rotation trat ein, durch gegen das Centrum herabſtürzende Nebelſtröme wie bei den Spiralnebeln und durch ungleichmäßige Ausſtrahlung in den verſchiedenen Richtungen. Zuſammenziehung bei der Abkühlung iſt eine allgemeine phyſikaliſche Eigenſchaft der Materie. Die Natur überraſcht meiſt durch die Einfachheit der Mittel, mit denen ſie ihre Zwecke erreicht. Es iſt übrigens noch nicht lange her, daß man die hier angedeutete Theorie der Weltenbildung nur als eine Hypotheſe betrachtete, die zwar ſehr geiſtreich erdacht ſei und auch den Erſcheinungen ziemlich Genüge leiſte, die aber doch eben nichts mehr ſei als eine Hypotheſe. Selbſt Laplace, nach deſſen Namen dieſe Theorie meiſt benannt wird, ſcheint ſie doch nach ihrer ganzen Wichtigkeit nicht erkannt zu haben, denn es ſind nur wenige Worte, in welchen er darauf ſpeciell eingeht; ſpäter hat er ihrer nie wieder gedacht. Leider waren die literariſchen Kenntniſſe von Sir William Herſchel äußerſt gering, eine Folge ſeiner mangelhaften Jugendbildung, und ſo hat er niemals etwas weder von den Vorſtellungen Kants noch Laplace's über die Bildung unſeres Sonnenſyſtems gewußt. Er läßt daher in ſeinen Speculationen über den Bau des Himmels unmittelbar aus der ſucceſſiven Verdichtung der Nebel Fixſterne entſtehen, wobei es freilich unerklärt bleibt, woher denn dieſe Fixſterne ihre Planeten und Kometen, die wir doch bei ihnen ſo gut wie bei unſerer Sonne

annehmen müſſen, erhalten haben. Verbindet man aber die Herſchel'ſchen Vorſtellungen mit der Laplace'ſchen Theorie, ſo ſcheint es, daß man jedenfalls der Wahrheit am nächſten kommt. Herſchels letzte Stufe der Nebelgebilde ſind die von ihm ſogenannten zweifelhaften Nebel, d. h. diejenigen Gegenſtände, für die es unentſchieden blieb, ob ſie Nebel oder Sterne ſeien, und worin er einen genügenden Beweis für den Uebergang eines Nebels in einen Stern ſah. Wie aber, wenn dieſe zweifelhaften Nebel nichts anderes als die Nebelbälle wären, die Laplace für die Bildung der Sonnenſyſteme fordert? Wenn man bedenkt, daß ein, eine Sonne umkreiſendes Planetenſyſtem nicht wohl auf andere Weiſe, als nach der Laplace'ſchen Theorie entſtehen kann, ſo wird man zugeben, daß dieſe Möglichkeit äußerſt viel für ſich hat. Sonach wäre es uns alſo gelungen, die geſammte Weltenbildung auf verhältnißmäßig ſehr einfache Principien zurückzuführen, die gerade durch ihre Einfachheit neue Stützen der Richtigkeit darbieten.

III.

Bei der Betrachtung der Entstehung des Weltsystems, soweit wir davon Kunde haben, ist der Kometen bis jetzt noch nicht gedacht worden. Die merkwürdige Stellung, welche die Schweifsterne in unserm engen Sonnensysteme einnehmen, bleibt durchaus bestehen, wenn wir uns zu den Regionen der Fixsterne und Nebelflecke aufschwingen, und das Weltall aus den höchsten Gesichtspunkten betrachten. Die Kometen haben seit den ältesten Zeiten das Nachdenken und den Scharfsinn der Menschen herausgefordert, und wenn man auch gestehen muß, daß viele Jahrhunderte, ja Jahrtausende hindurch, die auf Lösung dieses Problems verwandte Mühe eine vergebliche war und Albernheiten zu Tage kamen, auf die man heute nicht ohne Lächeln zurückblicken kann: so ist es doch endlich gelungen, fast aller sich entgegenthürmenden Schwierigkeiten Herr zu werden und die Bedeutung der Kometen im Weltsysteme klar zu erkennen.

Die Anzahl der Haarsterne, welche in unser Sonnensystem herabsteigen, ist eine ganz ungemein große; nur der geringste Theil derselben wird unsern Augen, selbst wenn sie mit den kraftvollsten Telescopen bewaffnet sind,

sichtbar. Bis jetzt ist noch kein Komet beobachtet worden, dessen Sonnennähepunkt (Perihel) weiter als die Jupitersbahn von unserm Centralkörper entfernt ist, ja selbst bei dem Kometen von 1729, der unter allen bisher beobachteten von der Sonne am weitesten entfernt blieb, liegt das Perihel noch 24 Millionen Meilen diesseits der Jupitersbahn. Dagegen finden sich die meisten Kometen mit Perihelen zwischen 8 Millionen und 20 Millionen Meilen oder zwischen den Bahnen des Merkur und der Erde. Ueberhaupt hat man unter den bis zum Jahre 1870 berechneten Kometen:

Perihelabstände	Zahl der Kometen
zwischen der Sonne und der Bahn des Merkur	43
„ „ Bahn des Merkur u. der Bahn der Venus	71
„ „ „ der Venus „ „ „ „ Erde	70
„ „ „ „ Erde „ „ „ des Mars	50
„ „ „ des Mars „ „ „ „ Jupiters	15
jenseits der Bahn des Jupiters	0

Aus diesen Zahlen ersieht man deutlich die ungleiche Häufigkeit der Perihele in den verschiedenen Abständen von der Sonne. Inzwischen ist diese Ungleichförmigkeit doch nur eine scheinbare, die das wahre Zahlenverhältniß der zwischen den einzelnen Bahnen eingeschlossenen Perihele nicht ausdrückt, sondern nur das durch die Sichtbarkeitsverhältnisse der Kometen modificirte. Denn in der That liegt kein Grund vor, anzunehmen, jenseits der Bahn des Jupiter existirten keine Kometenbahnen; denn noch niemals hat man einen Kometen, wenn er sich von der Sonne entfernt, bis zum Abstande Jupiters verfolgen können. Die periodischen Kometen bewegen sich sämmtlich während des größten Theiles ihres Umlaufes in Distanzen,

welche jenseits der Grenze der Sichtbarkeit der Kometen liegt, sie sind also dort vorhanden und nur ihre Lichtschwäche verhindert, daß wir sie zu jeder Zeit sehen können.

Von der Ansicht ausgehend, daß die Anzahl der Kometen die größtmögliche, und am Firmamente keine Laufbahn möglich sei, auf der sich nicht ein Weltkörper bewege, hat Lambert eine Schätzung der Menge der in unserm Sonnensysteme circulirenden Kometen versucht. Denkt man sich die Sonnennähepunkte der Kometenbahnen gleichförmig durch den Raum vertheilt, so muß sich die Zahl derselben innerhalb der Bahnen der einzelnen Planeten verhalten, wie die Kuben der Halbmesser dieser Bahnen. Hierdurch wird unter der angenommenen Bedingung der gleichmäßigen Vertheilung das richtige Verhältniß der Sonnennähepunkte angegeben. Soll aber zu jedem dieser Punkte auch eine Bahn gehören, in welcher ein Komet ruhig und ohne Behelligung einherlaufen kann, so fallen viele Perihelien und ebenso viele Laufbahnen fort, und die Vermehrung der Bahnen erfolgt, wie das Quadrat des Abstandes der Perihelien. Stellt man sich die einzelnen Perihelien durch die Endpunkte von 12 Stangen vor, die radienförmig mit ihren anderen Endpunkten gegeneinanderlaufen, so lassen diese zwischen ihren freien Endpunkten noch Raum übrig, um 12 andere dazwischen zu schieben, diese wiederum neuen Raum für folgende, die aber natürlich vom Mittelpunkte immer weiter entfernt bleiben. Ihre Anzahl wird nun wie das Quadrat des Abstandes vom Centrum zunehmen. Berechnet man nach diesem Princip die Gesammtzahl der bis zur Bahn des Neptun in unserm Sonnensystem vorhandenen Kometen, so hat man, da der Halbmesser der Merkurbahn sich zum

Halbmeſſer der Bahn des Neptun wie 1:78 verhält, und da innerhalb der Bahn des Merkur die Perihelien von 43 Kometen fallen, die Proportion: 1 verhält ſich zu 78 × 78 wie 43 zu der geſuchten Anzahl. Führt man die kleine Rechnung aus, ſo ergibt ſich eine Summe von 261612 Kometen. Iſt dies nun die wahre Anzahl, oder iſt die Menge der Kometen beträchtlich größer oder geringer? Dieſe Frage läßt ſich ſchwer mit Sicherheit beantworten, doch ſcheint es nicht unwahrſcheinlich, daß die wirkliche Anzahl der Kometen bedeutend geringer iſt, als man früher annahm, weungleich immerhin weitaus beträchtlicher, wie der gewöhnliche Mann vermuthet, wenn er von Zeit zu Zeit einen Haarſtern am Himmel erſcheinen und nach einigen Wochen wieder verſchwinden ſieht.

Das Raiſonnement des ſcharfſinnigen Lambert beruhte auf dem kühnen Schluſſe: Entweder, die Erde iſt allein bewohnt, oder in jedem Punkte des ganzen Weltgebäudes ſind Einwohner und Creaturen. „Sollte ich wohl", ſagt dieſer berühmte Mathematiker, „die Vollkommenheit in eine beſtändige und unerſchöpfliche Abwechslung von Aehnlichkeiten legen und dennoch dabei leere Stellen übrig laſſen, wo nichts dergleichen vorginge, wo keine Theile eines Ganzen wären, das unendlich vollſtändig ſein ſollte? Solche Lücken konnte ich nicht zulaſſen, und ich trug kein Bedenken, jedes Sonnenſyſtem ſo mit bewohnbaren Weltkörpern anzufüllen, als die vortreffliche Ordnung, die in ihrem Laufe eingeführt iſt, nur immer leiden mochte. Auf unſerer Erde, die wir ſeit Erfindung der Vergrößerungsgläſer auch in ihren kleinſten Theilen betrachten können, finden wir alles ſo voll Bewohner, daß wir nicht länger mehr zweifeln können, die Bevölkerung und Belebung eines jeden Theiles der Welt als eine Ab-

ſicht der Schöpfung anzuſehen, die keine Ausnahme erleidet. Im Kleinen lehrt es uns der Augenſchein ſelbſt, und die Stufen, die wir mit der Verbeſſerung der Vergrößerungsgläſer durchlaufen, führen zu dem ſicheren Schluſſe, daß wir die kleinſten Geſchöpfe noch lange nicht entdeckt haben. Weshalb ſollen wir nun dieſem Schluſſe ſo gar enge Grenzen ziehen, wenn wir ihn auf die Anzahl der Weltkörper ausdehnen wollen?“ Die Bewohnbarkeit der Kometen macht Lambert wenig Sorge, jedes lebendige Weſen, bemerkt er, wird für die Stelle, die es einnimmt, eingerichtet ſein. Die Kometen hält der große Geometer hauptſächlich paſſend als Aufenthaltsort von Aſtronomen, „die dazu geſchaffen wären, den Bau des Himmels, die Stellung jeder Sonne, die Lage und Laufbahn ihrer Planeten, Satelliten und Kometen in ihrem ganzen Zuſammenhange zu betrachten. Jenes wäre in dem langen Zeitraume geſchehen, den ihr Wohnort zubringt, von einer Sonne zur andern zu gehen, und dieſes würde geſchehen, wenn ſie im Begriffe wäre, um eine Sonne herum einen neuen Weg zu ſuchen. Ihnen müſſen Jahrhunderte wie uns einzelne Stunden vorbeigehen, und die Unſterblichkeit müßte ihr Erbtheil ſein, weil ſich die Zeit nach ihren Verrichtungen ausmißt, wie es auf unſerer Erde Inſekten gibt, deren ganzes Leben im Verlaufe weniger Stunden anfängt und endigt, weil ihre Geſchäfte nicht längere Zeit erfordern.“

Man kann, je nach individueller Ueberzeugung, dieſem Gedankengange beiſtimmen oder nicht, jedenfalls muß man geſtehen, daß die neueſten Unterſuchungen über die phyſiſche Natur der Kometen, die Vorſtellungen, welche wir uns von einer Bewohntheit derſelben durch denkende organiſche Weſen bilden können, ſehr bedrängen.

Die physische Beschaffenheit der Kometen ist sehr lange ein gänzliches Räthsel geblieben. Arago's Polariskop gab die ersten Aufschlüsse, indem es reflectirtes Sonnenlicht wenigstens bei einigen Kometen nachwies. Damit war bewiesen, daß, wenn die Kometen eigenes Licht besitzen, die Intensität desselben für uns doch nicht unverhältnißmäßig bedeutender sein kann, als diejenige des reflectirten Sonnenlichtes, das uns von dem Kometen her zukommt. Photometrische Untersuchungen erwiesen dann, daß für einzelne Kometen das eigene Licht immerhin doch so beträchtlich sein könne, daß dadurch die scheinbaren Helligkeitsverhältnisse des Gestirns wesentlich verändert werden.*) Hierauf kam die Spectralanalyse. Huggins zeigte, daß die von ihm untersuchten Kometen rücksichtlich ihrer Kerne in dem Zustande glühender Gasmassen sich befinden. Besonders der zweite Komet von 1868 gab interessante Aufschlüsse. Am 22. Juni untersuchte Huggins sein Spectrum und fand es schwach, continuirlich, mit drei hellen Streifen. Im Mittelstreifen schienen zwei helle Linien vorhanden zu sein, die kürzer waren als die Streifen, und wie Huggins glaubt, wahrscheinlich vom Lichte des Kernes herrührten. Als der Beobachter am folgenden Tage das Kometenspectrum mit den Spectren irdischer Elemente verglich, fand er die merkwürdige Thatsache, daß die Lage der drei Streifen sowohl, als ihr allgemeiner Charakter und ihre relative Helligkeit auf das Genaueste übereinstimmten mit den Veränderungen des Spectrums vom Kohlenstoffe, sobald man bei Darstellungen des Spectrums den electrischen Funken in ölbildendem Gase überschlagen läßt. Diese Uebereinstimmung der Zeichnung des Kometen-

*) Vergl. Klein Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, I. Bd. 2. Auflage 1871 p. 236 und ff.

ſpectrums mit dem Spectrum des ölbildenden Gaſes, veranlaßt Huggins, beide Spectren gleichzeitig unmittelbar zu vergleichen. Dieſe Vergleichung wurde am Abende des 23. Juli 1868 ausgeführt und ergab eine vollkommene Identität beider Spectren. Eine Wiederholung der Unterſuchung am 25. Juni beſtätigt dies. Sonach ſchloß Huggins auch auf die Uebereinſtimmung der Subſtanzen. Nun iſt freilich Kohlenſtoff einer der am ſchwerſtflüchtigen Körper, und um ihn zu verdampfen, iſt eine äußerſt hohe Temperatur nothwendig. „Wenn man annimmt," ſagt Huggins, „daß die Kometen aus reinem Kohlenſtoff beſtehen, ſo erſcheint es wahrſcheinlich, daß der Kometenkern dieſes Element in condenſirtem und äußerſt fein vertheiltem Zuſtande enthält. In ſolcher Geſtalt würde es beſonders geeignet ſein, die Wärmeſtrahlen der Sonne faſt vollſtändig zu abſorbiren, und ſo leicht ſtark erhitzt werden, um ſich in Dunſt zu verwandeln." Inzwiſchen findet es Huggins doch nicht ſehr wahrſcheinlich, daß die Sonnenwärme, ſelbſt unter den günſtigſten Umſtänden, hinreichend ſei, den Kohlenſtoff in glühenden Dampf zu verwandeln. Er macht darauf aufmerkſam, daß unter gewiſſen Umſtänden ölbildendes Gas, wenn es in der Luft verbrennt, ein ähnliches Spectrum gibt. Wird das aus einer Röhre ausſtrömende Gas angezündet, ſo zeigt die glänzend weiße Flamme ein continuirliches Spectrum. Wird aber ein Strom atmoſphäriſcher Luft hindurch geleitet, ſo nimmt die Flamme eine grünlichblaue Färbung an und ihr Spectrum zeigt die Streifen des Kohlenſtoffes. Dieſes Spectrum hat dann eine große Aehnlichkeit mit dem des Kometen, mit der Ausnahme jedoch, daß es einen äußerſt glänzenden violetten Streifen aufweiſt, der in dem Kometenſpectrum fehlt. Man kann vermuthen, der Komet

bestehe aus einem Kohlenwasserstoff, der, um in leuchtenden Dampf verwandelt zu werden, eine weit weniger hohe Temperatur erfordert, als der reine Kohlenstoff. Allein auch dieser Vermuthung stehen Hindernisse entgegen, da weder das ölbildende Gas, noch irgend eine andere Kohlenstoffverbindung ein Streifenspectrum erzeugt, ohne Zersetzung zu erleiden. „Möglicherweise," bemerkt Huggins, „findet eine solche Zersetzung statt und die durch die Sonne äußerst stark erhitzte Kometenmaterie ist in Verbrennung begriffen, indem sie sich mit Sauerstoff oder einem andern Elemente verbindet Dies würde wenigstens erklären, woher die hohe Temperatur stammt, welche den Kometen selbstleuchtend macht und welche zu erzeugen, die Wärme der Sonne allein nicht hinreicht." Zu derselben Ansicht wie Huggins ist auch Secchi in Rom gelangt. Er beobachtete den Kometen schon am 21. Juni im Spectroskop und fand hinterher durch Vergleichung mit der Angström'schen Spectraltafel die nahe Uebereinstimmung mit dem Kohlenspectrum.

Die Untersuchungen des Kometenlichtes mittels des Prisma's haben also die seltsamen Himmelskörper noch räthselhafter gemacht. Unlängst hat es nun Zöllner in Leipzig unternommen, die Erscheinungen, welche uns die Kometen darbieten, an der Hand einer physikalisch-mechanischen Anschauungsweise zusammenzufassen, und eine vollständige Theorie der physischen Beschaffenheit der Kometen zu geben.

Er geht hiebei von der Betrachtung des Aggregatzustandes der Materie aus und erinnert an die Abhängigkeit desselben von dem Drucke und der Temperatur. Bekanntlich kann durch hinreichende Zufuhr von Wärme und durch gehörig geregelten Druck ein Körper nach ein-

ander in jeden der drei Aggregationszuſtände übergeführt werden. Das Eis z. B. verwandelt ſich durch Wärme in Waſſer und durch weitere Erhitzung endlich in Waſſerdampf. Manche Gaſe laſſen ſich durch ſtarken Druck in Flüſſigkeiten, ja in feſte Formen überführen. Wo es uns bis jetzt nicht gelungen iſt, einen Körper in ſeinen verſchiedenen Aggregationsformen darzuſtellen, müſſen wir ſchließen, daß bloß die Eingeſchränktheit unſerer Hilfsmittel, keineswegs aber die Natur des Körpers an und für ſich, dieſe Ueberführung verhinderte. Dieſe phyſikaliſche Wahrheit gilt aber offenbar nicht bloß für die Stoffe auf unſerer Erde allein, ſondern es iſt durchaus nicht zweifelhaft, daß ſie auch für die Materie gilt, welche alle übrigen Himmelskörper bildet. Der Aggregationszuſtand dieſer Materie wird alſo im Weltenraume bloß von dem Drucke und der Temperatur abhängen. Denken wir uns eine Maſſe im freien Raume, ſo iſt der Druck ihrer materiellen Theilchen bloß abhängig von deren Anzahl, d. h. von der Maſſe. Die Aggregationsform eines ſolchen Körpers hängt alſo bei einer beſtimmten Maſſe bloß von ſeiner Temperatur ab; umgekehrt aber auch bei einer beſtimmten Temperatur von ſeiner Maſſe. Wenn die Maſſe ſehr klein iſt und die Temperatur ſehr hoch, ſo muß ſich eine Menge Materie in Dampf verwandeln, ja der ganze Körper kann ſich in eine Dampfmaſſe auflöſen. Man begreift leicht und die Anwendung mathematiſcher Formeln zeigt klar, daß dies Letztere dann eintreten muß, wenn die Maſſe des im Weltraume befindlichen und ſich ſelbſt überlaſſenen Körpers nicht beträchtlich genug iſt, um vermöge ihrer Anziehungskraft der umgebenden Dampfatmoſphäre wenigſtens eine Spannung zu ertheilen, welche dem Maximum der Spannkraft der Dämpfe für die herrſchende

Temperatur gleich ist. Dieser Fall tritt im Weltenraume sicherlich häufig ein, und es folgt schon hieraus, daß der Raum nicht leer, sondern mit Materie, freilich in sehr fein vertheiltem Zustande, erfüllt sein müsse.

Die Aenderungen im Aggregationszustande einer cosmischen Masse müssen um so intensiver vor sich gehen, je geringer die Masse und je größer die Temperaturveränderung ist. Zöllner betrachtet spezieller eine kleine cosmische Masse im tropfbar-flüssigen Aggregatzustande und die Einwirkung einer partiellen Temperaturänderung auf dieselbe. Denkt man sich zuerst diese Masse im freien Weltraume der überwiegenden Strahlung eines einzelnen Fixsternes entzogen, so befindet sie sich einer Temperatur ausgesetzt, die nach Pouillets Versuchen 142° C. unter dem Gefrierpunkte ist. Wird nun diese Masse durch ihre kosmische Bewegung in die Nähe einer wärmestrahlenden Sonne gebracht, so ist klar, daß zunächst diejenige Seite erwärmt wird, welche der Strahlung direkt ausgesetzt ist. Die auf der anderen Seite befindlichen Theilchen liegen im Schatten des flüssigen Körpers und können daher nur indirekt erwärmt werden. Auf der der Sonne zugewandten Seite werden nun hauptsächlich Siede- und Verdampfungsprocesse vor sich gehen. Ob die ganze Flüssigkeitsmasse in Dampf verwandelt wird oder nicht, das hängt unter gleichen Verhältnissen von der Masse des kosmischen Körpers ab, es wird bei um so niedrigeren Temperaturen geschehen können, je kleiner die ursprüngliche Masse war. Wenn aber die ganze Flüssigkeitsmasse wirklich zu Dampf geworden ist, so wird bei Entfernung des Körpers von der Sonne die dadurch

entstehende Temperaturabnahme entweder wiederum einen flüssigen Kern erzeugen, oder bei nicht hinreichender Temperaturabnahme eine langsame Zerstreuung im Raume stattfinden.

Solche flüssige Massen müssen sich uns in der Nähe der Sonne als Körper darstellen, die einen centralen Kern besitzen und von einer Dunsthülle umgeben sind, die sich mit der Richtung zur Sonne her, immer mehr entwickelt. Wenn die Massen sehr klein sind, so werden sie sich bereits in einer größeren Entfernung von der Sonne vollständig in Dampf verwandeln, und dann in Folge der Durchstrahlbarkeit keinen wesentlichen Unterschied mehr auf der der Sonne zu- und abgewandten Seite darbieten. Einen solchen Anblick gewähren in der That einzelne kleine, schweiflose Kometen, und Zöllner ist geneigt, sie für tropfbarflüssige Meteormassen zu halten.

Die Spectralanalyse beweist nun freilich, daß die Kometen eigenes Licht ausstrahlen und dies muß nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen entweder die Folge von Verbrennung oder einer elektrischen Erregung sein. Zöllner meint, daß zwischen diesen beiden möglichen Ursachen des Selbstleuchtens der Kometen die Wahl nicht zweifelhaft sein könne. Denn die Annahme einer elektrischen Erregung der Dunsthüllen genüge vollkommen den spectroskopischen Wahrnehmungen und sei gleichzeitig geeignet, die bisher so räthselhaften Erscheinungen der Kometenschweife zu erklären. Unter dieser Annahme, sagt er, sind wir gezwungen, die Licht- und Schweifentwicklung der Kometen als Wirkung elektrischer Prozesse anzusehen, und umgekehrt erhält diese Annahme dadurch, daß sie vollkommen genügt, diese Erscheinungen darzustellen, einen so hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, als man dies bei der

Deduction cosmiſcher Prozeſſe aus bisher bloß an irdiſchen Körpern beobachteten Eigenſchaften der Materie nur irgend erwarten darf.

Die Frage nach der Urſache der ununterbrochenen elektriſchen Erregung, welche wir als auf den Kometen ſtattfindend, anzunehmen haben, bereitet der neuen Theorie gar keine Schwierigkeiten. Sie iſt in dem Verdampfungs- und Siedeprozeſſe der flüſſigen Maſſen zu ſuchen und es iſt durchaus nicht zweifelhaft, daß ſie eine ſehr beträchtliche ſein muß. Die ungeheure Dicke der elektriſch erregten Dampfmaſſe iſt die Urſache des Leuchtens derſelben. Wird aber dieſes Licht im Spectroſkop unterſucht, ſo muß es ſich ſo darſtellen, wie elektriſches Licht, das durch die Dämpfe hindurchgeht, die ſich auf dem Kometen gerade entwickeln. Bei ſchwacher Elektricitätserregung kann aber zunächſt nur das Spectrum desjenigen Stoffes erſcheinen, deſſen Emmiſſionsvermögen bei niedrigen Temperaturen das bedeutendſte iſt. „Wenn daher," fährt Zöllner fort, „dem Waſſer und den flüſſigen Kohlenwaſſerſtoffen unter den cosmiſchen Flüſſigkeiten — als Fragmente zertrümmerter Weltkörper — eine hervorragende Rolle eingeräumt werden darf, ſo können die Spectren der Kometen vorzugsweiſe nur ſolche ſein, welche den Dämpfen dieſer Stoffe und ihren Beſtandtheilen angehören. Auf dieſe Weiſe würde ſich die Analogie und die theilweiſe Coincidenz der bisher beobachteten Kometenſpectren mit dem Spectrum des elektriſchen Funkens in einer Atmoſphäre von Kohlenwaſſerſtoffdämpfen erklären "

Zur Erklärung der Kometenſchweife macht Zöllner die Annahme einer beſtimmten Sonnenelectricität. Dieſe Annahme iſt mehr als eine bloße Hypotheſe. In der That wird ſie kräftig unterſtützt durch die von Wolf

in Zürich nachgewiesene Thatsache, daß die Größe der magnetischen Deklinationsvariation (d. h. des Winkels, um welchen die magnetische Abweichungs-Nadel sich durchschnittlich täglich bewegt) zunimmt, wenn die Zahl der Sonnenflecke wächst, hingegen abnimmt, wenn diese kleiner und seltener werden. Diese beiden so grundverschiedenen Erscheinungen zeigen eine so überraschende Uebereinstimmung, daß Wolf mit Recht schließen durfte, es fände zwischen ihnen eine ursächliche Wechselbeziehung statt, so daß an beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Skalen abgelesen werden könne. Es ist nun aber kaum einem Zweifel unterworfen, daß elektrische Ströme die Ursache der magnetischen Schwankungen sind und wenn wir eine Sonnenelektricität annehmen, so ist leicht zu begreifen, daß diese die größten Schwankungen in ihrer Intensität erleiden wird, wenn zahlreiche und große Flecke sich an der Sonnenoberfläche bilden und außergewöhnlich große Revolutionen dort veranlassen. Diese Schwankungen dehnen sich in ihren Rückwirkungen aber auf den Zustand des Erdmagnetismus aus und so können wir schließlich aus den Bewegungen der magnetischen Nadel auf die Häufigkeit der Sonnenflecke zurückschließen.

Die Annahme einer Sonnenelektricität ist also keineswegs gewagt und es bedarf, um gewisse Erscheinungen der Kometenschweife zu erklären, bloß einer Anwendung der elementaren Sätze der Elektricitätslehre auf den vorliegenden Fall. Wenn man annimmt, daß die aus den flüssigen Kernen der Kometen entwickelten Dämpfe dieselbe Elektricität besitzen wie die Sonne, so müssen diese Dampftheilchen abgestoßen werden und dadurch die Kometenschweife eine von der Sonne abgewandte Richtung erhalten. Genauere Untersuchungen über die Richtung und

Lage der Kometenſchweife werden daher ein gutes Mittel an die Hand geben, die Zöllner'ſche Theorie zu prüfen. Es möge daher hier dasjenige zuſammengeſtellt werden, was ſich in dieſer Beziehung ſagen läßt.

Schon in dem alten und wichtigen chineſiſchen Werke, das den Namen Wenſiang-tung-kao führt, und deſſen Verfaſſer Ma-duan-lin iſt, heißt es: „Im Allgemeinen iſt bei einem Kometen, welcher öſtlich von der Sonne ſteht, der Schweif vom Kerne gegen Oſten gerichtet. Steht aber der Komet weſtlich von der Sonne, ſo erſcheint der Schweif im Weſten.“ Seneca ſagt: „Die Kometenſchweife fliehen vor den Sonnenſtrahlen.“ Hieronymus Fracaſtor und Apian ſprachen vor der Mitte des ſechzehnten Jahrhunderts zuerſt mit Beſtimmtheit aus, daß die Kometenſchweife durchgängig in der Verlängerung der geraden Linie liegen, welche von der Sonne zum Kopfe des Kometen gezogen werden kann. Indeſſen bilden die Schweife doch niemals eine gerade Linie, ſondern es ſind vielmehr die entfernteſten Theile derſelben gewöhnlich nach der Richtung gekrümmt, welche der Bewegung entgegengeſetzt iſt, gewiſſermaßen, als wenn ſie zurückblieben. Das ſpricht freilich durchaus nicht gegen die obige Theorie, ſondern man kann dieſes Verhalten damit erklären, daß die äußerſten Theilchen der Kometenſchweife, welche die geringſte Dichte aber die größte Geſchwindigkeit beſitzen, auch den größten Widerſtand finden. Wichtiger iſt die Frage, ob die Axen der Kometenſchweife ſtets in der Ebene der Bahn, welche von dieſen Geſtirnen beſchrieben wird, liegen. Für den Kometen von 1818 hat dies Beſſel in der That nachgewieſen, ſoweit überhaupt die unvollkommenen Beobachtungen der damaligen Zeit einen ſolchen Nachweis geſtatten. Genaue Unterſuchungen ſind für einige

neuere Kometen von Winnecke angestellt worden. Bei dem ersten Kometen von 1840 und dem großen Kometen von 1843 harmoniren die Beobachtungen durchaus mit der Annahme, daß die Schweife in der Ebene ihrer Bahn lagen. Für den dritten Kometen von 1853 ergab sich nur eine höchst geringe Ausweichung. Die Wirklichkeit entspricht also den Anforderungen der Theorie genügend, so weit es sich um die Kometen mit einem Schweife handelt. Bisweilen erscheinen aber auch mehrfach geschweifte Kometen. Folgendes ist ein Verzeichniß derselben:

Nach den chinesischen Annalen erschien im April 837 ein Komet mit zwei Schweifen, von denen der eine nach dem Sternbilde der Waage, der andere nach dem Sternbilde des Scorpions gerichtet war.

Ein im Jahre 1577 sichtbar gewesener Komet soll nach Corn. Gemma vom 28. November ab mehrfach einen zweiten Schweif gezeigt haben, der bedeutend mehr zurückgekrümmt war als der Hauptschweif.

Der Komet von 1744 zeigte in der Nacht vom 7. zum 8. März sechs Schweife. Dieselben nahmen auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kometenkopfes einen Bogen von 60 Grad ein.

Der Komet von 1807 besaß einen geraden, schmalen lichtschwachen Nebenschweif, der den Hauptschweif an Länge übertraf und beträchtlich weniger zurückgebeugt war als dieser.

Bei dem großen Kometen von 1811 nahm Olbers vom 9. Oktober ab mehrfach Spuren eines zweiten Schweifes wahr.

Der Januar-Komet von 1824 besaß zwei Schweife, die einen Winkel von 160 Grad mit einander bildeten.

Der Nebenschweif, welcher 3 bis 7 Grad lang war, verschwand gegen Ende Januar gänzlich.

Nach den Beobachtungen von Clerisew zeigte auch der Komet von 1843 am 11. März zwei Schweife. Der Nebenschweif war fast doppelt so lang, aber schwächer als der Hauptschweif; gegen Ende des Monats war er nicht mehr zu erkennen.

Bei dem großen Kometen von 1861 haben einige Beobachter auch einen zweiten Schweif erkannt, der aber sehr lichtschwach war.

Nach J. Schmidt besaß der vierte Komet von 1864 am 22. Januar ebenfalls einen außergewöhnlichen Schweif, der mit dem Hauptschweife einen Winkel von 115 Grad umschloß.

Die Kometen, welche ich vorstehend aufgeführt habe, sind unter etwa 700 Gestirnen dieser Art die einzigen, von denen die Beobachtung meldet, daß sie mehrere Schweife besaßen. Indeß sind die früheren Beobachtungen, besonsonders vor Erfindung des Fernrohres, sehr mangelhaft. Betrachtet man daher bloß diejenigen Kometen, welche in dem gegenwärtigen Jahrhunderte erschienen sind, so findet sich, daß unter 173 vom Anfange dieses Jahrhunderts an beobachteten Kometen bloß 6 die Erscheinung mehrfacher Schweife dargeboten haben. Die Erscheinung ist also auf jeden Fall eine seltene, abnorme.

Zöllner erklärt nach seiner Theorie die mehrfachen Schweife durch die Annahme, daß bisweilen, unter Verhältnissen, die wir gegenwärtig noch nicht kennen, die Elektricität der Kometendämpfe in die entgegengesetzte übergeht. Ein solcher Fall trat hiernach bei dem Kometen von 1824 ein, dessen einer Schweif der Sonne zugewandt war, weil die ungleichnamigen Elektricitäten der

Sonne und eines Theiles der Kometendämpfe sich zu vereinigen strebten und dadurch die betreffenden Dampftheilchen die Richtung nach der Sonne erhielten, während diejenigen, welche eine mit der Sonnenelektricität gleichnamige Elektricität besaßen, sich von der Sonne entfernten, und den Hauptschweif bildeten. Die Zertheilung der Schweife auf der, der Sonne entgegengesetzten Seite des Kometen, wie sie der Komet von 1744 zeigte, erklärt sich unter der Annahme von mit der Sonne identischer Elektricität. Sind nämlich durch irgend einen Umstand die Dampftheilchen, welche den Schweif bilden, in der Basis von einander getrennt worden, so müssen sie auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kometen in divergirende Ströme auseinandergehen, ähnlich wie zwei Hollundermarkkügelchen, die, an einen leinenen Faden befestigt, neben einander aufgehängt sind, sofort divergiren, sobald sie elektrisch werden.

Die Zöllner'sche Theorie erweist sich also bis hierhin als genügend, um die Erscheinungen wiederzugeben. Es fragt sich nun, ob sie auch im Stande ist, die ungeheuren Geschwindigkeiten zu erklären, womit sich bisweilen die Kometenschweife entwickeln. Diese Frage kann nur eine genauere mathematische Untersuchung beantworten. Zöllner kommt an der Hand einer solchen Untersuchung zu einem bejahenden Resultate. Die Anziehung hängt, wie wir wissen, von der Masse des anziehenden Körpers ab, die Elektricitätsentwicklung hingegen von der Größe der Oberfläche. Wenn daher auf einen Körper gleichzeitig die Anziehung und die freie Elektricität eines andern einwirken, so wird er bei zunehmender Masse der Anziehung, bei abnehmender Masse aber der Elektricität folgen. Wenn die Kerne der Kometen tropfbarflüssige Massen sind,

ſo folgen ſie der Gravitation; die entwickelten Dämpfe, welche bei äußerſt geringer Maſſe eine ſehr beträchtliche Oberfläche beſitzen, folgen zwar auch der Anziehung, aber der Einfluß der freien Elektricität der Sonne iſt ein weit kräftigerer auf ſie. Zöllner hat berechnet, daß, wenn die freie Elektricität an der Sonnenoberfläche nur ſo groß iſt wie diejenige, welche wir auf der Erde finden, alsdann eine Kugel von 11 Millimeter Durchmeſſer und $^1/_{100}$ Milligramm Maſſe, unter dem Einfluſſe der elektriſchen Abſtoßung der Sonne in zwei Tagen einen Weg von 70.940000 geographiſchen Meilen zurücklegen würde.

Die genaueren Beobachtungen der Neuzeit über die Nebel- oder Dunſthüllen, welche ſich aus den Kometenköpfen entwickeln, ebenſo die pendelartig hin- und herſchwingenden Sectoren, die aus den Kometenkernen aufſchießen und über deren Bewegungen zuerſt Beſſels Beobachtungen und Rechnungen ein ſo helles Licht geworfen haben, finden in Zöllner's Theorie eine gute Erklärung. Schon Beſſel behauptete die Exiſtenz einer Polarkraft der Sonne und beſtimmte deren Conſtante, wie ich ſpäter Gelegenheit finden werde, näher zu entwickeln; Zöllner's Theorie erweiſt nun dieſe Polarkraft als übereinſtimmend mit der uns wohlbekannten Elektricität.

Wenn es ſomach unbeſtritten bleibt, daß die Zöllnerſche Theorie der Kometen die Erſcheinungen, welche dieſe räthſelhaften Himmelskörper für uns darbieten, im Großen und Ganzen ſehr gut darſtellt und von allgemeinen Geſichtspunkten aus erläutert, ſo darf man dennoch nicht vergeſſen, daß ihr Grundprincip, die Annahme des tropfbarflüſſigen Zuſtandes der Kometenmaterie, eine nicht bewieſene Hypotheſe iſt, der wichtige Bedenken anhaften. Schon an und für ſich iſt es nicht eben wahrſcheinlich,

daß tropfbar flüſſige Maſſen ſich durch den Weltraum bewegen, ohne zu gefrieren. Selbſt bei ſehr kleinen Maſſen muß die Temperatur des Weltraumes niedrig genug ſein, um ein gänzliches Gefrieren zu erzeugen. Und ſchließlich kann man die Maſſen der Kometen doch auch nicht als geradezu Null betrachten. Ich werde ſpäter Gelegenheit haben, an der Hand der Unterſuchungen von Schiaparelli zu zeigen, daß die ſogenannten Sternſchnuppen und die Meteorſteine nichts anderes als die Reſte aufgelöſter Kometen ſind. Dieſen Körpern aber kommen beſonders in ihrer Geſammtheit gewiß Maſſen zu, die nicht unbeträchtlich ſein können, die ſich aber in den Beobachtungen durch planetariſche Störungen freilich nicht verrathen. Und zuletzt, wie ſollen ſich die flüſſigen Meteorſtröme eines Kometen in die feſte Materie der Feuerkugeln, Meteorſteine oder Sternſchnuppen verwandeln? Durch Erſtarrung gewiß nicht, ſonſt iſt nicht einzuſehen, weshalb der ganze Komet nicht ſchon ſeit Millionen Jahren erſtarrt war. Auch zeigt die ganze Textur, das Gefüge der Meteorite, nichts hiervon. Es bleiben alſo auch noch unter Annahme der Zöllner'ſchen Theorie der Kometen Schwierigkeiten genug zu löſen, wenngleich dieſe Theorie ſchon aus dem Grunde als ein nicht unbeträchtlicher Fortſchritt unſerer Erkenntniß bezeichnet werden kann, weil ſie eine neue Anwendung phyſikaliſcher Lehren auf Probleme der beobachtenden Aſtronomie einſchließt.

Durch die klaſſiſchen Studien von Schiaparelli iſt, in vollſter Uebereinſtimmung mit den Beobachtungen, nachgewieſen worden, daß wir in den Kometen keineswegs unveränderliche, compacte Weltkörper vor uns haben, bei welchen die Störungen durch die Anziehung der Sonne und der Planeten bloß eine Veränderung der Bahn nach

ſich ziehen, ſondern daß die Kometen vielmehr Körperſyſteme von ſehr geringer Dichtigkeit ſind, die unter gewiſſen Bedingungen im Laufe der Zeit in Auflöſung gerathen. Unter ſolchen Umſtänden verbietet ſich natürlich jede Annahme einer Bewohntheit dieſer Körper durch lebendige Weſen von ſelbſt, wenn wir nicht etwa dieſe Weſen uns ſo organiſirt denken wollen, daß ihnen der Aufenthalt in einem glühenden Fluidum keinen Schaden bringt, und daß es ihnen ferner keine Unbequemlichkeit verurſacht, wenn ihr Wohnort ſich von Zeit zu Zeit zertheilt.

Die Auflöſung, welche in Folge der Anziehung der Sonne in einem Syſteme kleiner, von einander getrennter Körperchen, oder von zuſammenhängender Materie oder geringer Dichtigkeit, unter gewiſſen Bedingungen, die wir ſogleich näher betrachten wollen, nothwendig vor ſich gehen muß, iſt bis auf Schiaparelli durchaus nirgends nach der ihr gebührenden Wichtigkeit gewürdigt worden. Und doch ſpielte ſie wahrſcheinlich eine höchſt bedeutende Rolle bei der Entſtehung der Sternſyſteme aus der Urnebelmaterie, und ſpielt ſie noch gegenwärtig, indem ſie Kometen in lang gedehnte Meteorſchwärme auflöſt, und die Erſcheinungen der periodiſchen und regulären Sternſchnuppenfälle bedingt.

Denkt man ſich ein kugelförmiges, aus kleinen, von einander getrennten Körpern zuſammengeſetztes Syſtem, von homogener Structur und Dichtigkeit, ſo wird jedes einzelne Theilchen dieſes Syſtems nach dem Centrum hin mit einer gewiſſen Kraft angezogen, die von dem Abſtande des betreffenden Theilchens vom Anziehungsmittelpunkte abhängt. Wird das ganze Syſtem nun ſeinerſeits auch von der Sonne angezogen, ſo iſt klar, daß die Anziehung dieſer letzteren auf die ihr zugewandten nächſten Punkte

am stärksten, auf die von ihr abgewandten, entferntesten, am geringsten sein muß. Die Differenz zwischen diesen Anziehungen und der Anziehung der Sonne auf den Mittelpunkt, ergibt die störende Kraft, welche dahin strebt, die beiden erwähnten Punkte von dem Mittelpunkte der Kugel zu entfernen. Die Anziehung der Sonne wirkt also auf das bezeichnete kugelförmige System geradezu repulsiv, und es wird sofort eine Auflösung dieses Systems eintreten müssen, wenn die repulsive störende Kraft der Sonne größer ist, als die anziehende Centralkraft im Mittelpunkte des betreffenden Systems. Die Stabilitätsgrenze hängt nicht von den Dimensionen der Kugel, sondern nur von der Menge der in ihr enthaltenen Materie und von ihrer Entfernung von der Sonne ab. Denkt man sich ein System von sehr kleinen Massen, deren Gewicht ein Gramm ist, und fragt, wie groß der mittlere Abstand dieser kleinen Körperchen von einander sein müsse, damit das ganze System in derselben Entfernung wie die Erde von der Sonne, als stabil beharren könne, so findet man nach Schiaparelli, daß eine solche Wolke von Körperchen in der angegebenen Distanz von der Sonne, sofort aufgelöst würde, wenn die mittlere Entfernung jedes Körperchens von dem anderen größer als 1,86 Meter sein wird. In diesem Falle wird die Anziehung der Sonne jedes einzelne Körperchen von 1 Gramm Gewicht in eine unabhängige Bahn lenken.

Nimmt man an, daß das kugelförmige System nicht aus getrennten Theilen, sondern aus zusammenhängender Materie besteht, so kann man wiederum mittels der Rechnung die Beziehung zwischen der Dichtigkeit des Systems und derjenigen Entfernung von der Sonne bestimmen, welche den Beginn der Auflösung desselben bezeichnet.

Hiernach findet man z. B., daß der erste Komet von 1843 mindestens eine Dichtigkeit von $\frac{1}{17}$ (die des Wassers = 1 gesetzt) haben müßte, wenn er sich in seiner Sonnennähe nicht auflösen sollte. Diese Dichtigkeit kann man aber der Atmosphäre weder dieses noch irgend eines andern Kometen beilegen. Schiaparelli hat berechnet, daß ein System, wie das hier angenommene, in der Entfernung der Erde von der Sonne, um nicht aufgelöst zu werden, eine Dichte von mindestens $\frac{1}{3310000}$ besitzen muß. Das gibt für 10 Kubikmeter drei Gramme Materie und entspricht der Dichtigkeit unserer Atmosphäre bei der Temperatur von 0 Grad unter dem Drucke von 0,177 Millimeter. Ein homogener Haufen von Materie, der diesen Grad der Dichtigkeit besitzt, wird demnach sich unter dem Einflusse der Sonnenanziehung bereits aufzulösen beginnen, wenn er der Sonne näher als die Erdbahn kommt. „Diese Dichtigkeit," sagt aber Schiaparelli, „ist viel größer als diejenige, welche man der Atmosphäre der Kometen gewöhnlich beimißt." Wenn die Dichtigkeit der betrachteten Systeme nicht gleichmäßig (homogen), sondern von Außen nach dem Mittelpunkte hin zunehmend ist, so wird die Auflösung nicht gleichmäßig in allen Theilen des Systems beginnen, sondern von Außen nach Innen fortschreiten. In dem Maaße, als sich ein solcher Komet der Sonne nähert, wird die auflösende Kraft zunehmen und sich auf immer tiefere und dichtere Schichten erstrecken, ja der Komet muß sich ganz auflösen, wenn der innerste Kern nicht so dicht ist, um der auftretenden, stärksten auflösenden Kraft zu widerstehen. Diese Folgerungen stimmen nun in ausgezeichnetem Grade mit den Beobachtungen der Kometen überein. Die genaueren Untersuchungen haben nämlich, besonders deutlich beim

Donatiſchen, dann auch bei verſchiedenen anderen Kometen das Abſcheiden von Nebelhüllen in dem Maaße als der Komet der Sonne näher rückt, gezeigt. In den prachtvollen Zeichnungen, welche Bond von dem Donatiſchen Kometen gegeben hat, erkennt man deutlich die Schichten des ausgeſchiedenen Stoffes in den Lagen, welche das im Raume fortſchreitende Geſtirn einige Tage früher eingenommen hatte.

Die wichtigen Unterſuchungen von Schiaparelli, wodurch die Kometen mit den Meteorſtrömen in die engſte Verbindung gebracht werden, haben gleichzeitig der kometariſchen Aſtronomie und der Meteorkunde, wie den kosmologiſchen Anſchauungen, eine beträchtliche neue Ausdehnung gegeben. Es haben ſich hierdurch eine große Menge neuer und überaus intereſſanter Geſichtspunkte ergeben, an die man vordem nicht denken konnte.

Ich will jetzt an der Hand Schiaparelli's die Stellung der Kometen im Univerſum, von ihrer erſten Entſtehung bis zum Ende ihrer Exiſtenz als kosmiſch ſelbſtſtändige Körper näher betrachten. Auf die Sternſchnuppen werde ich im nächſten Briefe zurückkommen.

Laplace hat die Kometen als kleine Nebelmaſſen betrachtet, welche von Sonnenſyſtem zu Sonnenſyſtem durch den Raum irren, und, wenn ſie zu unſerer Sonne herabſteigen, ſich in Bahnen bewegen, deren uns ſichtbarer Theil mit einer paraboliſchen Linie zuſammenfällt; als indeß Schiaparelli das nämliche Problem von allgemeineren Geſichtspunkten geometriſch unterſuchte, kam er zu dem richtigeren Ergebniſſe, daß, im Falle den Kometen diejenige Stellung zukomme, welche ihnen Laplace vindicirte, dann ihre Bahnen faſt ohne Ausnahme einen entſchieden hyperboliſchen Charakter beſitzen müßten.

„Dieſes Reſultat," erklärt Schiaparelli, „zerſtört vollſtändig die Hypotheſe von Laplace über den Urſprung der Kometen, und vernichtet alle Folgerungen, welche ich ſelbſt in meinen früheren Arbeiten aus dieſer Hypotheſe habe geglaubt ziehen zu können. Die Kometen gelangen zu uns aus den Sternenräumen, wie der etwas hyperboliſche Charakter einiger ihrer Bahnen klar erweiſt; aber zu gleicher Zeit läßt uns die faſt paraboliſche Geſtalt, welche bei den von ihnen beſchriebenen Kegelſchnitten vorherrſcht, erkennen, daß unter der unendlich großen Anzahl der Körper, welche die Himmelsräume bevölkern, die Kometen eine Klaſſe für ſich bilden, ausgezeichnet durch einen beſonderen Charakter, welcher ſie uns in derjenigen Bahngeſtalt zeigt, die für die anderen Körper, wie die Theorie beweiſt, die am wenigſten wahrſcheinliche iſt. Es iſt nicht ſchwer, zu erforſchen, welches dieſes ſpezielle Merkmal iſt, um das es ſich hier handelt. Wir haben in der That ſchon erwähnt, daß eine faſt paraboliſche Bahn von einem, aus den Fixſternräumen herkommenden Körper nur dann beſchrieben werden kann, wenn die Geſchwindigkeit und die Richtung ſeiner Eigenbewegung faſt genau gleich der Geſchwindigkeit und der Richtung der Eigenbewegung der Sonne ſind. Hieraus iſt zu ſchließen, daß die Kometen unter den Sternen und den anderen nichtplanetariſchen Körpern ein beſonderes Syſtem bilden, deſſen Glieder ſämmtlich die Sonne bei ihrer Eigenbewegung durch die Himmelsräume begleiten. An dieſem Syſteme nimmt die Sonne ebenfalls Theil, wenn auch nicht als einziges und hauptſächliches Centrum, ſo doch wenigſtens als eines der Centra von größerer Maſſe und Anziehung, welchem die kleineren Körper des Syſtems, wenigſtens zeitweiſe, als Satelliten unterthan ſind. Ob außer der Sonne noch

andere Gestirne an diesem Systeme Theil nehmen, ist für jetzt unmöglich, zu entscheiden; ein Erkennungszeichen für solche Gestirne würde eine merkliche jährliche Parallaxe in Verbindung mit einer scheinbaren Eigenbewegung sein, die Null oder sehr klein ist."

Schiaparelli weist darauf hin, daß die Vorstellung, welche unsere Sonne mit zahlreichen anderen Körpern im Sternensysteme, als ein kleineres System für sich betrachtet, nicht ohne Analogie sei, indem in gewissen Gegenden des Himmels ganze Gruppen von Sternen mit fast gleicher Eigenbewegung und in derselben Richtung fortziehen. Dieser Sternen-Drift kann zwar zum Theil als Abspiegelung der Bewegung unserer Sonne durch den Raum betrachtet werden; in den meisten Fällen hat man es aber mit reellen Erscheinungen zu thun. Ich will hier einige solcher Sternsysteme anführen. Als merkwürdiges Beispiel kann man die mittleren Hauptsterne des großen Bären betrachten, nämlich die Sterne γ, δ, ε, ζ dieses Sternbildes. Die Eigenbewegung derselben beträgt durchschnittlich 14 oder 15 Bogensekunden im Jahrhundert und die Richtung dieser Bewegung ist übereinstimmend nach Osten gerichtet. Ein anderes Beispiel bieten die Sterne ζ, ε, δ des Orion; ihre Eigenbewegung beträgt ungefähr 10 Bogensekunden im Jahrhundert und die Richtung dieser Bewegung ist nahezu eine westliche. Eine andere merkwürdige Sternströmung sehen wir im Kopfe des Stieres in der Hyadengruppe. Auch hier zeigen sämmtliche Sterne der Gruppe eine Bewegung gegen Südosten und eine nahezu gleiche Größe dieser Bewegung, mit Ausnahme von dreien, die nur optisch zu dieser Gruppe gehören. Zu diesen letzteren Sternen gehört auch der hellste der ganzen Gruppe, der schöne rothe Stern Aldebaran,

er steht in Wirklichkeit zwischen der Sterngruppe und unserer Sonne.

Schiaparelli glaubt, daß alle diese mit einer gemeinsamen Bewegung begabten Körper seit der Zeit des Ursprungs der heutigen Sternenwelt, ein System für sich gebildet hätten, dessen Glieder auch nach ihrem Eindringen in einen von anderen Körpern eingenommenen Raum ihre gemeinsame Bewegung beibehalten hätten, und deshalb noch das Wahrzeichen ihres gleichen Ursprungs an sich trügen. Nach den Anschauungen von Sir William Herschel über die Bildung der Sternenwelt vermittelst der verdichteten Nebelmaterie könne man sich diese Thatsachen leicht durch die Voraussetzung erklären, daß in jeder mit paralleler und gleicher Bewegung im Raume begabten Gruppe alle Gestirne bei ihrem Ursprunge einem und demselben Theile der Nebelmasse angehörten, dessen ursprüngliche Bewegung auch nach erfolgter Concentration zu einer mehr oder weniger großen Anzahl von Körpern fortgesetzt werde. „Ein solcher Theil der Nebelmasse würde die gemeinsame Mutter des Sonnensystems, der Kometen und möglicherweise auch anderer Himmelskörper gewesen sein. Die Kometen sind aber nicht seit ihrem Ursprunge, wie Einige geglaubt haben, dem Sonnensysteme angehörige Körper, sondern stehen zu der Sonne in einer Beziehung der nahen Verwandtschaft, oder des gemeinsamen Ursprunges, weil sie mit ihr in einem und demselben Theile der ursprünglichen Nebelmasse entstanden sind, und sie begleiten noch heute die Sonne in ihrer unbekannten cosmischen Bahn."

Eine merkwürdige Thatsache, welche auf den gemeinsamen Ursprung vieler Kometen überraschende Streiflichter fallen läßt, ist von Schiaparelli in der überein-

ſtimmenden Richtung der Aphele, der Sonnenfernen gewiſſer Kometen erkannt worden. Wenn man nämlich aus den Kometenverzeichniſſen diejenigen Haarſterne herausſucht, welche in ihrem Sonnennähepunkte weniger als $\frac{1}{3}$ des Erdbahnhalbmeſſers vom Centrum der Sonne entfernt ſind, und die Richtungen ihrer Aphele, d. h. die Punkte des Himmelsgewölbes beſtimmt, welche die Richtung bezeichnen, in der dieſe Kometen ſich befinden, wenn ſie ihre größte Entfernung von der Sonne erreicht haben würden, ſo findet man, daß von 24 Aphelen 9 in einem kleinen Raume um den hellen Fixſtern Capella im Bilde des Fuhrmannes herum zuſammengedrängt ſind, der Art, daß man alle in einem kleinen Kreiſe zuſammenfaſſen kann, der mit einem Halbmeſſer von 30 Graden um einen Punkt von 72 Grad Rectaſcenſion und 42 Grad Nordpoldiſtanz beſchrieben wird. Wenn man hierauf um dieſen nämlichen Punkt einen größten Kreis beſchreibt, ſo werden auf der ſo beſtimmten Halbkugel außer den 9 genannten Punkten noch 12 andere enthalten ſein, ſo daß auf die entgegengeſetzte Halbkugel von 24 Aphelen nur 3 fallen. „Wenn die Zukunft," ſagt Schiaparelli, „dieſen Umſtand durch eine größere Menge von Beobachtungen beſtätigen wird, ſo werden wir zu dem Schluſſe geführt, daß in der Richtung des Sterns Capella ein Syſtem von Maſſen exiſtirt, die ſich im Raume mit einer genau oder faſt genau gleichen Richtung und Geſchwindigkeit wie die Sonne bewegen. Die Sonne könnte auch möglicherweiſe ein Theil dieſes Syſtems und vielleicht excentriſch in demſelben gelegen ſein, ſo daß das Centrum oder der größere Theil des Syſtems ſich uns in der erwähnten Richtung zeigte: hierdurch würde es auch verſtändlich, warum alle oben erwähnten Bahnen nicht einzig und

allein von dieſer Richtung herkämen, ſondern nur in größerer Menge um ſie herum zuſammengedrängt ſeien. Wie man auch über eine ſolche Hypotheſe denken mag, ſo iſt es doch ſehr beachtenswerth, daß Mädler gerade in dieſem Theile des Himmels ein Minimum der ſcheinbaren Geſchwindigkeiten in den Eigenbewegungen der Fixſterne zu erkennen geglaubt hat."

Die Bahnen der Kometen, welche wir nun aus dem ungemeſſenen Sternenraume gegen unſere Sonne herabſteigen laſſen, unterliegen aber gewiſſen Modificationen, welche ſie bisweilen beträchtlich verändern, ja total umgeſtalten können. Die Urſachen, welche ſolche Veränderungen hervorrufen können, ſind: der Widerſtand des die Himmelsräume erfüllenden Fluidums und die planetariſchen Anziehungen. Was den erſteren Umſtand anbelangt, ſo beweiſt die ſtetige, wenn auch ſehr langſame Abnahme der halben großen Axe der Bahn des Encke'ſchen Kometen, daß er in geringerem Grade auch heute noch thätig iſt, und wir haben einige Wahrſcheinlichkeit für die Annahme, daß die verhältnißmäßig engen elliptiſchen Bahnen gewiſſer Kometen durch den Widerſtand eines hemmenden Fluidums im Laufe ſehr langer Zeitperioden, aus weit größeren Bahnen nach und nach entſtanden ſind. Inzwiſchen ſcheint die zweite Urſache, nämlich Störungen durch die großen Planeten, ungleich wirkſamer geweſen zu ſein; wenigſtens kann man dies aus dem Grunde behaupten, weil faſt unter unſeren Augen der Planet Jupiter zwei Mal die Bahnen von Kometen total verändert hat.

Der erſte dieſer Kometen iſt derjenige, welcher im Jahre 1770 von Meſſier entdeckt wurde. Die Berechnung von Lexell ergab eine Umlaufszeit von etwa $5^1/_2$ Jahren, allein das Geſtirn wurde weder nachher wieder-

geſehen, noch iſt es vor 1770 je beobachtet worden. Erſt Burckhardt's Unterſuchungen klärten die Sache auf, indem ſich aus denſelben ergab, daß der Komet vom Jahre 1767 ſich dem Jupiter bedeutend näherte, und durch die Störung, welche ſeine Bewegung durch dieſen großen Planeten erlitt, erſt in die enge elliptiſche Bahn geworfen wurde, welche er 1770 beſchrieb. Derſelbe Planet aber warf den Kometen ſpäter, als dieſer im Jahre 1779 dem Jupiter abermals nahe kam, wiederum in eine neue Bahn, in der er uns niemals mehr zu Geſichte kommen kann.

Das zweite Beiſpiel einer, durch planetariſche Störungen umgeſtalteten Bahn bietet der von Brorſen am 26. Februar 1846 auf der Kieler Sternwarte entdeckte, kleine, fern- und ſchweifloſe Komet. Auch in dieſem Falle war es wiederum der Planet Jupiter, der uns dieſen Kometen zuführte. Nach den Berechnungen von d'Arreſt verdankt nämlich der genannte Komet ſeine gegenwärtige Bahn der großen Nähe, in welche er während der Monate April, Mai und Juni 1842 dem Planeten Jupiter kam. Vor dem 19. April jenes Jahres beſchrieb das Nebelgeſtirn eine elliptiſche Curve um die Sonne, in welcher es dieſer niemals näher als 30 Millionen Meilen kam, ſich aber bis zu 117 Millionen Meilen von ihr entfernte. Der Winkel, welchen die Ebene dieſer Bahn mit der Ebene der Erdbahn macht, betrug damals 41 Grad. Der Einfluß des Planeten Jupiter veränderte die damalige Bahn der Art, daß durch ihn der kleinſte Abſtand des Kometen von der Sonne ſich in 13 Millionen Meilen veränderte, die größte Entfernung 113 Millionen Meilen und der Winkel der Bahn mit der Erdbahn nur 31 Grad beträgt. Damit iſt aber die Action des Jupiter noch keineswegs beendigt, ſie hat uns den Kometen gebracht,

sie wird denselben auch wieder unseren Augen entrücken. Die Rechnungen von d'Arrest ergeben, daß, soviel sich bis jetzt beurtheilen läßt, der Brorsen'sche Komet uns bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts erhalten bleibt, um dann, nach einem rohen Ueberschlage vielleicht um das Jahr 1937, wieder in eine andere Bahn einzulenken.

Dieser vorübergehenden Dauer oder diesem periodischen Wandel gewisser Kometen in ephemeren Bahnlinien, entspricht die vorübergehende Existenz anderer als zusammenhängender, ungetrennter Körper. Die merkwürdige Theilung des Biela'schen Kometen in zwei getrennt einhergehende Gestirne ist zu bekannt, um länger dabei zu verweilen. Wenn diese Trennung, wie Professor Kirkwood meint, nichts als eine Wirkung der auflösenden Kraft der Sonne ist, so kann das gänzliche Verschwinden oder Ausbleiben dieses Doppelgestirns im Jahre 1866 nicht besonders überraschen, da die auflösende Kraft, indem sie auf jeden der beiden Kometen fortdauernd einwirkte, diese beiden lichtschwachen Gestirne bald zur gänzlichen Unsichtbarkeit abschwächen mußte.

Andere, nicht minder merkwürdige Beispiele der Trennung eines Kometen in zwei Individuen, die aber lange vor jeder astronomischen Beobachtung muß stattgefunden haben, bieten einige Kometen, die ich aus den Verzeichnissen habe zusammenstellen können. Den ausschließlichen aber auch hinreichenden Beweisgrund für die voreinstige Identität je zweier dieser Kometen, bietet die bedeutende Aehnlichkeit der Bahnen, welche sie noch gegenwärtig im Raume beschreiben. Von diesen Kometen sind die merkwürdigsten diejenigen beiden, welche im Jahre 1857 ihre Sonnennähe erreichten, der eine am 18. Juli, der andere am 1. October. Der kürzeste Abstand des

ersten von der Sonne beträgt $7^1/_2$ Millionen Meilen, der des zweiten $11^1/_2$ Millionen Meilen. Die Richtung nach dem Orte dieser Sonnennähe im Raume trifft auf die Ebene der Erdbahn für beide Kometen im 250ten Grade vom Frühlingsnachtgleichenpunkte. Der Neigungswinkel der Bahnen mit der Erdbahn beträgt beim ersten Kometen 24 Grad, beim zweiten 15 Grad. Diese Unterschiede sind gering, besonders wenn wirklich dem ersten Kometen (nach den Rechnungen von Villarceau) eine Umlaufszeit von 7000, dem andern hingegen (nach Linsser) eine solche von 2400 Jahren zukommt. Die Umstände, welche vor Zeiten die Trennung der Kometen bewirkten, können sehr wohl auf die Bahnverhältnisse einen solchen bedeutenden Einfluß gehabt haben, daß die bezeichneten Unterschiede in den Umlaufszeiten daraus resultirten.

Ich habe bereits oben darauf hingewiesen, daß es für jeden Kometen eine gewisse Stabilitätsgrenze gibt, der wiederum eine gewisse Distanz von der Sonne entspricht, die der Komet in der Richtung zur Sonne hin nicht überschreiten darf, ohne daß in Folge der Sonnenanziehung er sich theilweise oder ganz auflöst. Wenn ein solcher Komet gleichförmig dicht ist, so muß er sich sofort in allen seinen Theilen aufzulösen beginnen; allein vielleicht niemals ist die Kometenmaterie völlig homogen, vielmehr nimmt die Dichte von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte hin zu. Die Auflösung wird also meist eine nur partiale sein, sie wird, von der Oberfläche beginnend, schichtenweise vor sich gehen. In jedem Falle aber werden — und darauf legt mit Recht Professor Schiaparelli einen Hauptnachdruck — die losgetrennten Theile des Kometen Bahnen beschreiben, die sich sehr wenig von der ursprünglichen Bahn des Kometen unterscheiden. Daher

wird die Kometenmaterie sich längs der Bahn vertheilen, indem sie einen mehr oder weniger großen Bogen derselben einnimmt. Wenn die Bahn elliptisch, also geschlossen ist, so müssen die kleinen Unterschiede in den verschiedenen Theilen des Stromes sich mehr und mehr anhäufen, der Strom wird sich nach und nach über den ganzen Umfang der Bahn ausdehnen und zuletzt einen elliptischen Ring von Kometenmaterie darstellen.

Indem wir zu dem Resultate gelangen, daß das Ende vieler und im Laufe einer genügend langen Zeit wahrscheinlich fast aller Kometen die Auflösung derselben in einen Ring von Kometenmaterie sein muß, welcher sich längs der ganzen Bahn, die das Gestirn beschreibt, hinzieht, kann man leicht geneigt werden, dieses Phänomen in Zusammenhang zu bringen mit der Erscheinung des sogenannten Zodiakallichtes, jenes merkwürdigen, dem Glanze der Milchstraße bisweilen nicht nachstehenden Lichtschimmers, den man im Frühlinge nach Sonnenuntergang im Westen, im Herbste vor Sonnenaufgang am Osthimmel bei heiterer Atmosphäre wahrnimmt. Dieser, meist pyramidale Schimmer, der von der Ebene der Erdbahn kaum 3 oder 4 Grad abweicht, ist in der That schon mit Kometen in Verbindung gebracht worden, besonders von Faye, der darauf hinwies, daß die Kometen von kurzer Umlaufszeit von der Ebene der Erdbahn durchschnittlich nur wenig abweichen. Dagegen hat Schiaparelli freilich bemerkt, daß dieser Umstand nur von geringer oder gar keiner Bedeutung in Bezug auf das Zodiakallicht sein könne, indem die geringe Bahnneigung jener Kometen eine nothwendige Folge der Umstände sei, welche ihnen eben ihre enge Bahn anwiesen. In der That, wenn der störenden Attraction der Planeten der hauptsächlichste Antheil

an dem Zuſtandekommen der kleinen, elliptiſchen Bahnen gewiſſer Kometen gebührt, ſo iſt es einleuchtend, daß die nämliche Wirkung, weil ſie von Planeten ausgeht, die ſelbſt nur wenig aus der Ebene der Erdbahn abweichen, dahin ſtreben muß, die Ebene dieſer Kometenbahnen mehr und mehr der Ebene der Erdbahn zu nähern. Aber auch abgeſehen hievon, iſt die ganze Idee, welche das Thierkreislicht als einen über die Erde hinausreichenden Ring mit den Kometen in Verbindung bringt, wie Schiaparelli überzeugend nachgewieſen, unhaltbar. Um dieſes einzuſehen, muß man ſich erinnern, daß das Zodiakallicht nicht allein ſich unter der Geſtalt einer leuchtenden Pyramide darſtellt, deren Baſis der Ort der (unter dem Horizonte befindlichen) Sonne iſt, ſondern daß auch auf der der Sonne gerade entgegengeſetzten Seite unter günſtigen Verhältniſſen ſtets ein Lichtſchimmer ſichtbar wird, welcher den Namen Gegenſchein des Zodiakallichtes erhalten hat. Der Erſte, welcher dieſen Gegenſchein bemerkt zu haben ſcheint, war 1730 P. Pezenas, der in den Memoiren der Pariſer Akademie von 1731 über ſeine Wahrnehmung berichtete. Auch Humboldt ſah denſelben im März 1803 in Südamerika. Zahlreichere Beobachtungen ſtellten aber erſt 1834 Brorſen und ſpäter G. Jones an. Schiaparelli hat ſich ebenfalls viel mit der Beobachtung des Zodiakallichtes beſchäftigt. Er fand den Gegenſchein desſelben beſonders leicht wahrnehmbar, wenn ſein Centrum in das Sternbild des Löwen oder der Jungfrau fällt, ſchwieriger, wenn dasſelbe in den Conſtellationen des Waſſermannes oder der Fiſche liegt. In der Nacht des 3. Mai 1862, Abends gegen 12 Uhr, ſah derſelbe Aſtronom das Zodiakallicht in Geſtalt einer leuchtenden Brücke die ganze ſichtbare Halbkugel des

Himmels überziehen, indem es in einer Breite von 15 Graden die Sternbilder der Zwillinge, des Löwen, der Jungfrau, der Wage und des Scorpions durchſtrich. Was den Glanz desſelben anbelangt, ſo fallen die Punkte der größten Helligkeit mit dem Orte der Sonne und dem gegenüber liegenden, zuſammen, die geringſte Helligkeit findet nach den Beobachtungen von Schiaparelli in zwei Punkten ſtatt, welche ungefähr 130 Grad von der Sonne und 50 Grad vom Mittelpunkte des Gegenſcheins entfernt ſind.

Schiaparelli hat nun gezeigt, daß, wenn das Zodiakallicht aus einer Geſammtheit von phosphoreſcirenden oder ſelbſtleuchtenden Körpern beſtände, oder wenn es der Reflex einer Wolke oder eines Ringes von feſten Körpern wäre, alsdann die geringſte Helligkeit auf der der Sonne diametral entgegengeſetzten Seite ſich zeigen müßte, was den Beobachtungen gerade widerſpricht. Dieſes nämliche Reſultat gilt aber auch Wort vor Wort, wenn man das Zodiakallicht als aus leuchtender oder erleuchteter Nebelmaterie beſtehend anſieht, indem auch in dieſem Falle auf der der Sonne gerade entgegengeſetzten Seite, ein Minimum von Helligkeit ſich zeigen müßte, was mit den Wahrnehmungen des Gegenſcheines im Widerſpruche ſteht.

IV.

Bis vor Kurzem waren die Sternſchnuppen das Stiefkind der Aſtronomie; man ſchenkte ihnen nur eine geringe Beachtung, ja ignorirte ſie vielfach ganz. Es gab Aſtronomen, — und ich kann zu dieſer Behauptung Namen anführen — welche auf Diejenigen geringſchätzend herabſahen, die ſich mit den Sternſchnuppenbeobachtungen befaßten, während ſie das Hauptgewicht auf genaue Beobachtung von Fädenantritten bei Sterndurchgängen legten. Dieſelben Leute waren auch wenig erbaut von den ſogenannten phyſiſchen Unterſuchungen der Himmelskörper, der Sonne, der Planeten und des Mondes; Beſchäftigung mit Sternhelligkeiten konnte ſie vollends zur Verzweiflung bringen. Wie haben ſich die Zeiten ſeit einem Decennium geändert! Durch Einführung der Experimentalphyſik in die Aſtronomie, hat letztere einen neuen und friſchen Pulsſchlag erhalten; ſie iſt vor einer Verknöcherung bewahrt worden, der die „Königin der Wiſſenſchaften" bedenklich entgegenſteuerte. Wenn man das Beſtreben vieler Aſtronomen mit demjenigen eines Mechanikers verglichen hat, der im Theater ſitzt, alle Verwandlungen und die dazu nothwendigen Maſchinerien richtig erkannt hat, und nun

behauptet, er habe den rechten Begriff von dem eben vorgeführten Schauspiele: so muß man freudig gestehen, daß solche Bestrebungen gegenwärtig auf dem Gebiete der Astronomie in diejenigen Grenzen zurückgewiesen sind, welche ihnen zukommen, die sie aber auch unbedingt beanspruchen dürfen und müssen. Das Studium der Bewegungsverhältnisse der himmlischen Körper ist ein eminent wichtiges und nothwendiges; fehlerhaft aber wäre es, heute noch dasselbe weitaus in erste Reihe zu stellen, und alle anderen astronomischen Untersuchungen gewissermaßen als Anhängsel darum zu gruppiren. Das Irrthümliche solcher Ansicht leuchtet ohne Weiteres ein, wenn man sich die überraschenden Fortschritte des eigentlichen physikalischen Theiles der Astronomie vergegenwärtigt und die großartigen Perspectiven, die sich hier eröffnet haben. Nicht minder sind die Sternschnuppen geeignet, die gleiche Berechtigung aller Theile der Astronomie deutlich zu machen und dies in um so höherem Maße, als gerade die Meteorastronomie stets wenig für eine Entwicklung auf mathematischer Grundlage geeignet erschien. Aber ein Zusammenwirken günstiger Umstände und der Scharfsinn *eines* Mannes hat hier einen so plötzlichen und so großartigen Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntniß zu Stande gebracht, wie Aehnliches die Geschichte der Wissenschaft nicht häufig zu verzeichnen Gelegenheit hatte.

Die „astronomische Theorie der Sternschnuppen von J. V. *Schiaparelli*" kann als einer der wichtigsten wissenschaftlichen Fortschritte der Gegenwart betrachtet werden, und ich will deshalb versuchen, Ihnen eine genauere Darstellung derselben zu geben.

Die Grundlage der Betrachtungen über die cosmischen Meteore, denen sich *Schiaparelli* mit so viel Geist

und Glück hingegeben, bildet die Voraussetzung, daß die Meteore Körper sind, welche sich durch die Himmelsräume bewegen und uns erst dann sichtbar werden, wenn sie in die irdische Atmosphäre eingedrungen sind. Diese Voraussetzung ist durch fleißige Beobachtungen einer großen Anzahl von Gelehrten schon seit mehreren Jahrzehnten als eine völlig unbestreitbare Thatsache erkannt worden; und es genügt, an die Namen von Olbers, Quetelet, Arago, Heis, Schmidt, zu erinnern, um zu beweisen, daß die ersten Autoritäten den Rang der Meteore als cosmische Körper sichergestellt haben.

Die Höhen, in welchen die Meteore in unserer Atmosphäre zuerst sichtbar werden, sind nicht bedeutender, als die obere Grenze, welche man der Atmosphäre der Erde seit langer Zeit zuzuschreiben pflegt. Wenn nach den umfassenden Untersuchungen von Julius Schmidt die untere Grenze der Höhe der Atmosphäre, hergeleitet aus den Dämmerungserscheinungen, 8 bis 10 deutsche Meilen beträgt (Wiener Sitzungsberichte 50. Band), so haben die neueren Untersuchungen von Professor Weiß ergeben, daß im Mittel die Augustmeteore in Höhen von 15½ Meilen aufleuchten und 12 Meilen über der Erdoberfläche erlöschen. (Wiener Sitzungsber. 1868, 57. Bd.) Die Schwierigkeit, hiernach das Entzünden der Meteore aus ihrem Eindringen in unsere Atmosphäre zu erklären, ist aber nur eine scheinbare, da wir von der näheren Beschaffenheit der höchsten Luftschichten absolut nichts wissen und vielleicht auch niemals etwas Genaueres erfahren werden. Die Dämmerungserscheinungen geben auch nur diejenige Grenze an, über welche hinaus die Atmosphäre nicht mehr dicht genug ist, um eine für uns noch wahrnehmbare Lichtmenge zu reflectiren. Zudem haben die Experi-

mente von Tyndall gezeigt, daß ein Raum mit Materie angefüllt sein kann, ohne Licht in wahrnehmbarer Menge zu reflectiren, d. h. optisch leer zu erscheinen (Rev. des cours scient. 1869, p. 242). Jedenfalls ist es klar, daß das Glühen der Meteore in einem hemmenden Medium stattfindet, welches zu unserer Erdatmosphäre gehört, und es entsteht zunächst die Frage, was für Veränderungen hierdurch in der Bewegung der Meteore hervorgerufen werden, oder mit anderen Worten, welchen Einfluß die Bewegungen der Atmosphäre auf die Bahn eines Meteors ausüben.

Schiaparelli hat diesen Gegenstand ausführlich untersucht. Indem er zuerst den Einfluß der Rotation der Atmosphäre auf die Bahn der Sternschnuppen erörtert, zeigt er, daß, wenn ein Meteor mit einer Geschwindigkeit von 30000 Metern in der Secunde unter dem 45 Breitegrade vertical niederfällt, dasselbe in Folge der Rotation der Atmosphäre eine schräge, von West nach Ost geneigte Linie beschreiben muß, die mit der Senkrechten einen Winkel von höchstens nur 37' 35'' macht und dem Beobachter völlig unmerklich bleibt, indem dieser, der an der rotirenden Bewegung der Erde Theil nimmt, das Meteor genau aus dem Scheitelpunkte würde herabkommen sehen. Der Einfluß der Winde auf die Bahnlinie einer Sternschnuppe ist völlig gleich Null. Die Einwirkung des Widerstandes der Luft auf die Richtung der Meteore, ist dagegen nicht unmerklich. Wären die Sternschnuppen einfache materielle Punkte oder homogene Kugeln ohne Rotation, so würde dieser Widerstand die Richtung der Bewegung nicht verändern können und wenn die Bewegung im leeren Raume geradlinig war, so würde sie auch ebenso bleiben, nachdem das Meteor in das hemmende Medium einge-

treten ist. Wenn aber das Meteor rotirt oder keine sphärische Gestalt besitzt, so wird sich die Bahn bei der Bewegung durch ein hemmendes Medium verändern, und es können wellenförmige, geschlängelte und schwankende Curven erscheinen. Schiaparelli zeigt, daß auf diese Weise und bei geeigneter Lage der Bahn gegen die Gesichtslinie vom Beobachter, auch die sehr seltenen Erscheinungen stationärer und umkehrender Sternschnuppen vollständig erklärt werden. Mit großem Scharfsinne macht der Direktor der Sternwarte zu Mailand darauf aufmerksam, wie die unregelmäßigen Bahnen vieler Sternschnuppen beweisen, daß die Körper, durch deren Glühen die Meteore entstehen, nothwendig feste sein müssen, indem sie sich andernfalls beim Zusammentreffen mit der Atmosphäre entweder zerstreuen oder nur in genau geradlinigen Bahnen in sie eindringen würden. Wenn die Spectra einiger Meteore auf gasartige Natur der letzteren hinweisen, so rührt dies wahrscheinlich von der sehr hohen Temperatur her, welche das Meteor am Ende seiner Bahn erlangte, und wodurch es in Dämpfe aufgelöst worden ist.

Was den Einfluß des atmosphärischen Widerstandes auf die Geschwindigkeit der Meteore anbelangt, so findet Schiaparelli durch eine mathematische Untersuchung, daß der Verlust an Schnelligkeit bloß von der Luftmenge abhängt, mit welcher das Meteor in seiner Laufbahn zusammentrifft, aber durchaus nicht von dem Gesetze, nach welchem diese Luft bezüglich ihrer Dichtigkeit vertheilt ist und ebenso wenig von der Länge des durchlaufenen Raumes. Eine sehr merkwürdige und schon von Benzenberg (Vgl. Chladni, Feuermeteore p. 27) erkannte Thatsache ist die, daß die Bewegung der Meteore, wenn ihre Geschwindigkeit bedeutend abgenommen hat, nur mehr zum

kleinſten Theile von der Anfangsgeſchwindigkeit abhängt. Wenn man, ſagt Schiaparelli, mehrere Meteore hat, welche mit ſehr großer aber beträchtlich verſchiedener Geſchwindigkeit in die Atmoſphäre eintreten, ſo wird die Schnelligkeit unter übrigens gleichen Umſtänden in derſelben Höhe nur wenig verſchieden ſein, ſobald ihre Bewegung ſich ſehr verlangſamt hat. Von zwei Meteoren, die mit Anfangsgeſchwindigkeiten von 72000 und 16000 Metern in die Atmoſphäre eindringen, wird die Geſchwindigkeit des erſten auf 500 Meter reducirt ſein in einer Höhe der Atmoſphäre, wo der Luftdruck 20,301 Millimeter beträgt, diejenige des letzten in einer Höhe, welche dem Luftdrucke von 19,633 Millimeter entſpricht. Beide Meteore werden alſo in den dichteren Luftſchichten faſt dasſelbe Geſetz der Bewegung befolgen. Das urſprünglich am ſchnellſten bewegte Meteor hat demnach den überwiegend größten Theil ſeiner lebendigen Kraft in viel bedeutenderen Höhen verloren, als das minder ſchnell dahinſchießende. Die Berechnung zeigt, daß von den angenommenen zwei Meteoren dasjenige von 72000 Metern Anfangsgeſchwindigkeit in einer Höhe, wo der Luftdruck nur 1,508 Millimeter beträgt, bereits $^{8}/_{9}$ ſeiner Geſchwindigkeit und $^{80}/_{81}$ von ſeiner lebendigen Kraft eingebüßt hat, während das andere in den tieferen Regionen des Luftmeeres, wo der Druck 2,463 Millimeter beträgt, nur $^{3}/_{4}$ von ſeiner Geſchwindigkeit und $^{15}/_{16}$ von ſeiner lebendigen Kraft verloren hat. Obgleich alſo das erſte Meteor nicht ſo tief herabſteigt als das andere, ſo hat es dennoch Gelegenheit gefunden, etwa 21mal mehr an lebendiger Kraft zu verlieren, reſpective in Wärme umzuſetzen, als das letztere. Hieraus ergibt ſich der merkwürdige Schluß, daß die ſtärker leuchtenden

Meteore durchschnittlich auch entfernter vom Erdboden sein müssen, und dieser Schluß wird durch die Beobachtungen so gut bestätigt, daß er in der That eine Schwierigkeit hinwegräumt, die man bis jetzt nur durch einen Mangel an Genauigkeit der Höhenmessungen der Sternschnuppen bewältigen zu können meinte. Die genaue Bestimmung der in Folge des Luftwiderstandes entwickelten Wärme, ist aus dem Grunde nicht möglich, weil man nicht weiß, ob die ganze umgesetzte mechanische Kraft sich in Wärme verwandelt und ferner, wie viel von letzterer zur Erhitzung des Meteors verbraucht wird. Immerhin aber darf man schließen, daß die Temperatur an der Oberfläche eines Meteoriten mehrere Tausend Grad erreichen kann, und für eine Schmelzung seiner Oberfläche völlig ausreicht. Die Temperatur erreicht ihren höchsten Grad gleich nach dem Eintritte des Körpers in die Atmosphäre und ihre Intensität hängt unter übrigens gleichen Umständen weder von dem Durchmesser oder der Dichte, noch von der Richtung der Bahn des Meteors, sondern lediglich von der Geschwindigkeit desselben ab, im Augenblicke, als es in die Atmosphäre trat. Die Thatsache, daß in Folge der starken Erhitzung des meteorischen Körpers in der Atmosphäre doch nur eine äußerst dünne Schicht an der Oberfläche desselben geschmolzen wird, erklärt die niedrige Temperatur der auf den Erdboden stürzenden Meteorite hinlänglich, aber sie erscheint nicht geeignet, Rechenschaft von dem Umstande zu geben, daß die meisten Meteore sich vollständig in der Atmosphäre auflösen.

Schiaparelli weist, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, darauf hin, daß, wenn die plötzlich erzeugte Temperatur höher ist, als die Schmelztemperatur, alsdann die ganze Masse, sie mag groß oder klein sein, sich gleich-

zeitig auflösen müsse. Unter solchen Annahmen könnten nur diejenigen Meteormassen zur Erde kommen, bei welchen die cosmische Geschwindigkeit nur nach und nach verschwindet, oder die als Begleiter größerer Massen, während des Herabfallens den hinter letzteren erzeugten leeren Raum einnehmen, oder endlich diejenigen, welche in fast horizontaler Richtung in die Atmosphäre dringen, sehr lange Bahnen beschreiben, und nur nach und nach aufgehalten werden. Uebrigens braucht man nicht anzunehmen, daß alle Sternschnuppen sich in der Luft in der gleichen Weise und aus gleicher Ursache auflösen. Denn daß unter den Meteoren selbst eine nicht geringe Verschiedenheit in der eigentlichen Natur (der chemischen Zusammensetzung) stattfindet, scheint durch die Beobachtungen über Farbe, Größe und Schweife der Meteore hinlänglich bewiesen zu sein.

Gehen wir nun dazu über, die allgemeinen Merkmale der Bewegung der Meteore im Raume zu untersuchen. Wir finden zuerst, daß diese Bewegung eine äußerst schnelle ist und daher die Genauigkeit der Beobachtung empfindlich beeinträchtigt erscheint. Zu gewissen Zeiten des Jahres, besonders in einigen Nächten des August und November, dann auch in gewissen Jahren, ist die Zahl der auftauchenden Meteore so bedeutend, daß sie den Anblick eines feurigen Regens darbieten und in der That auch von den Geschichtsschreibern ähnlich bezeichnet worden sind. Es ergibt sich hieraus, daß diese kleinen cosmischen Körper nicht planlos durch den Raum schweifen, sondern gewissen Anordnungen unterliegen in Bezug auf Anzahl und Bewegung derselben. Im allgemeinen ist die Wiederkehr der größeren Häufigkeit der Meteore an eine jährliche Periode gebunden, und fällt zusammen mit bestimmten Positionen der Erde in ihrer Bahn. Doch zeigen

ſich in einigen Fällen langſame Verſpätungen im Eintreffen des Maximums der Häufigkeit. So iſt z. B. das Datum der Novemberſternſchnuppen in 100 Jahren um etwa 3 Tage weiter fortgerückt und die genauere Unterſuchung zeigt, daß die Hälfte dieſes Fortrückens von einer Bewegung desjenigen Punktes herrühren muß, in welchem die Erde alljährlich dem Sternſchnuppenſchauer begegnet. Auch die Intenſität der jährlichen Wiederkehr iſt bei gewiſſen Sternſchnuppen-Erſcheinungen an eine beſtimmte Periode geknüpft, die z. B. für die Novembermeteore 33 Jahre beträgt.

Eine merkwürdige, 1833 zuerſt erkannte Thatſache iſt die ſogenannte Radiation vieler Meteore. Sie beſteht darin, daß bei großen Meteorſchauern die meiſten Bahnen, nach rückwärts verlängert, in einem Punkte oder einer kleinen Fläche des Himmelsgewölbes zuſammentreffen, die Meteore alſo von hier ausſtrahlen. Dieſer Punkt, der Radiant (Radiationspunkt), erſcheint für die gleiche Zeit allen Beobachtern an der gleichen Stelle des Himmels, er hat keine Parallaxe. Er kann alſo nicht in der Atmoſphäre liegen und ebenſowenig nahe bei der Erde. Uebrigens iſt die ganze Erſcheinung nur eine Wirkung der Projection, indem die einzelnen Meteorbahnen nahe parallel liegen. Die Lage der Radiationspunkte iſt für beſtimmte Meteorſchauer characteriſtiſch. Die Meteore des Auguſt ſtrahlen aus einem Punkte im Perſeus, jene des November aus dem Löwen aus, weshalb jene auch Perſeiden, dieſe Leoniden genannt werden. Die erſten genauen Beſtimmungen einer Anzahl von Radiationspunkten gab 1849 Heis (Heis, die period. Sternſchn. Cöln 1849), ſpäter, 1864, vervollſtändigte er ſein Verzeichniß (Aſtr. Nachr Nr. 1642) und leitete zuletzt aus

den Beobachtungen von Neumayer fernere 39 Radianten der südlichen Himmelshälfte ab. (Heis und Neumayer, die Meteore der südlichen Halbkugel. Mannheim 1867). Die einzelnen Daten habe ich im 1. Bande meines Handbuches der Himmelsbeschreibung (Braunschweig 1871) mitgetheilt. Auch Robert Greg und Alexander Herschel haben eine Anzahl von Radianten bestimmt (Report of the British Assoc 1864 p. 48, Atlas of Charts of the Meteor Track London 1868), doch sind diese Bestimmungen weniger sicher, als die Heisschen. Dagegen hat Julius Schmidt durch Ableitung von 150 neuen Radianten, welche fast alle den 6 letzten Monaten des Jahres angehören, die Wissenschaft wesentlich bereichert (Sch. Beob. üb. Meteorbahnen ꝛc. Athen 1869).

Eine merkwürdige und erst unlängst erkannte Thatsache ist die, daß die Radianten sich gruppenweise in verschiedenen Himmelsregionen ansammeln und die Epochen der derselben Gruppe angehörenden Sternschnuppenschauer nicht viel von einander abweichen und sich meist über einige Wochen hin ausdehnen. Es scheint hiernach, daß gewisse Radianten einem gemeinsamen Systeme angehören, indem die erwähnte Gleichzeitigkeit nicht wohl als Wirkung des Zufalls gedacht werden kann.

Seit dem Jahre 1833 und seinem glänzenden Sternschnuppenregen sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, um die Einzelnheiten der Meteorphänomene genetisch zu erklären; allein die Schwierigkeit des Gegenstandes hat bis fast zur Gegenwart herab allen Anstrengungen gespottet. Erst durch Umkehrung des gewöhnlichen Verfahrens der wissenschaftlichen Induction durch hypothetische Voraussetzungen und nachherige Prüfung der daraus folgenden Consequenzen an den Beobachtungen selbst, ist es

gelungen, endlich annehmbare Resultate zu erlangen. Schiaparelli fand auf diese Weise, daß die von den Sternschnuppen im Raume beschriebenen Bahnen die größte Aehnlichkeit mit den Kometenbahnen besitzen, daß ihre absolute Geschwindigkeit, sobald sie die irdische Atmosphäre erreichen, im Allgemeinen sehr nahe gleich der der parabolischen Bewegung entsprechenden Geschwindigkeit ist, endlich, daß gewisse Kometen gewissen Meteorschauern beigesellt sind, indem beide identische Bahnen beschreiben, und schließlich, daß die Sternschnuppen sehr wahrscheinlich das Produkt der Zerstreuung von Kometenmaterie sind. Andeutungen, welche mit diesen überraschenden Ergebnissen eine mehr oder weniger entfernte Aehnlichkeit haben, finden sich früher bei Cardanus (Card. Oper. Lugduni 1663 t. III. p. 279), Maskelyne, Chladni und besonders bei v. Reichenbach (Pogg. Ann. Bd. CV. p. 438) und Daniel Kirkwood (Danville Quarterly Review 1861). Doch sind dies alles nur Vermuthungen, die durch keine genaueren Untersuchungen gestützt werden konnten.

Die ersten wichtigen Fortschritte auf dem Gebiete der Meteorastronomie wurden angebahnt durch Coulvier-Graviers Entdeckung der stündlichen Variation in der Anzahl der Sternschnuppen. Dieser Beobachter fand das schon von Herrick 1838 geahnte und später von Schmidt bestätigte Resultat, daß die meisten Sternschnuppen um 6 Uhr Morgens sichtbar werden und zwar für jeden Beobachtungsort, so daß ein Unterschied der Längendifferenz nicht hervortritt (Coulv. Gr. Recherches sur les météores p. 219, Schmidt Astr. Beob. über Meteorbahnen p. 148). Die nachstehende Tabelle zeigt die mittleren jährlichen Resultate für die stündliche Häufigkeit der Meteore.

Astronomische Stunden	Coulvier-Gravier 1. Beobachtungs-Reihe (1841—45)	Coulvier-Gravier 2. Beob.-Reihe (12 Jahren)	J. Schmidt 2840 Stunden
5 bis 6 Uhr	—	7,2 Meteore	4,17 Mtor.
6 „ 7 „	3,3 Meteore	6,5 „	5,33 „
7 „ 8 „	3,5 „	7,0 „	5,72 „
8 „ 9 „	3,7 „	6,3 „	6,67 „
9 „ 10 „	4,0 „	7,9 „	7,88 „
10 „ 11 „	4,5 „	8,0 „	9,53 „
11 „ 12 „	5,0 „	9,5 „	11,58 „
12 „ 13 „	5,8 „	10,7 „	14,07 „
13 „ 14 „	6,4 „	13,1 „	16,32 „
14 „ 15 „	7,1 „	16,8 „	17,91 „
15 „ 16 „	7,6 „	15,6 „	18,21 „
16 „ 17 „	8,0 „	13,8 „	18,75 „
17 „ 18 „	8,2 „	13,7 „	14,92 „
18 „ 19 „	— „	13,0 „	— „

Auch in Bezug auf die Cardinalpunkte des Horizontes, auf die Weltgegenden, fand Coulvier Gravier eine ungleiche Vertheilung der Sternschnuppen; die aus Ost kommenden Meteore waren stets die zahlreichsten, während West die wenigsten, Nord und Süd eine mittlere Zahl von Sternschnuppen aufweisen. Der unermüdliche Schmidt prüfte auch diese Resultate und fand sie bestätigt.

Diesen Ergebnissen, als Resultaten der reinen Beobachtung, muß sich offenbar jede Theorie der Sternschnuppen anbequemen, wenn sie Anspruch auf Zulässigkeit machen will. Aber gerade hier zeigten sich die größten Schwierigkeiten für die cosmische Theorie der Meteore. Freilich

hatte schon Brandes 1827 vermuthet, daß eine stündliche Veränderung der Häufigkeit der Meteore existire und dieselbe mit Recht als einen Beweis für die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne betrachtet (Brandes, Vorl. üb. d. Astronomie, I. Bd. p. 158), allein man hatte diesem Gedanken keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt, und erst später wurde derselbe durch die vereinigten Arbeiten von Herrick, Bompas, Alex. Herschel und Prof. Newton weiter ausgeführt und klargestellt, und schließlich von Schiaparelli bis in die entlegensten Consequenzen verfolgt.

Um den Einfluß der Erdbewegung auf die Häufigkeit der Meteore zu erkennen, will ich von der Annahme ausgehen, unsere Erde stände im Weltraume absolut stille, während sie von Meteoren in gleicher Menge allseits umgeben ist. In diesem Falle wäre unser Planet gewissermassen in eine Wolke von Sternschnuppen eingehüllt, und jeder Ort der Oberfläche würde gleichmäßig von ihnen getroffen. Dasselbe würde auch noch stattfinden, wenn sich die Erde um ihre Axe drehte. Lassen wir nun aber den Erdmittelpunkt sich mit einer sehr viel größeren Geschwindigkeit durch den Raum bewegen, als dies bei den Meteoren der Fall ist, so würde offenbar nur diejenige Hemisphäre von Meteoren getroffen werden können, welche in der Richtung liegt, nach welcher hin die Erde sich fortbewegt. Nennt man mit Schiaparelli den Punkt, in welchem die verlängerte Richtung dieser Bewegung das Himmelsgewölbe trifft, den Apex, so ist leicht einzusehen, daß unter den angenommenen Verhältnissen für jeden Punkt der Erdoberfläche nur dann Sternschnuppen sichtbar sein können, wenn der Apex über dem Horizonte dieses Ortes ist. Wenn die Bewegung der Erde durch den Raum nicht

sehr viel mal größer ist, als jene der Meteore, sondern vielleicht selbst noch geringer, so werden Sternschnuppen zu jeder Zeit sichtbar sein können, aber ihre größte Anzahl für jeden Ort doch immer dann erreichen, wenn der Apex am höchsten über dem Horizonte, also im Meridian steht oder culminirt. Man sieht leicht ein, daß das Verhältniß der Geschwindigkeit der Erde zur mittleren Geschwindigkeit der Sternschnuppen, das Verhältniß der Häufigkeit der letzteren in den verschiedenen Stunden der Nacht bedingt. Hat man nun dieses letztere durch Beobachtungen bestimmt, so kann man das erstere berechnen. Diese Rechnung hat Schiaparelli im Jahre 1866 durchgeführt und gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,447mal größer als jene der Erde, also sehr wenig verschieden von der parabolischen ist.

Wenn sich die Erde in einer kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegte, so würde der Ort des Apex am Himmelsgewölbe stets genau 90° westlich vom Orte der Sonne auf der Ekliptik liegen, also für jeden Ort gegen 6 Uhr Morgens über dem Horizonte im Meridian stehen. Die Bahn der Erde weicht um einen geringen Betrag vom Kreise ab, daher bleibt der Apex nicht immer 90° westlich von der Sonne, sondern sein Abstand variirt im Laufe des Jahres zwischen 89°2′ und 90°58′. Man kann den Apex gewissermaßen als die meteorische Sonne betrachten und findet leicht, daß der Aufgang dieser meteorischen Sonne den Stunden um Mitternacht herum entspricht, der Untergang aber in unsern Breiten stets am Tage sich ereignet. Der tiefste Stand der meteorischen Sonne findet um 6 Uhr Abends statt (untere Culmination). Im Sommer kann sonach keine der beiden Culminationen des Apex beobachtet werden, weil es um 6 Uhr

Morgens und um 6 Uhr Abends noch hell ist, im Winter kann man beide beobachten. Die meteorische Sonne (also eben der Aper) hat die größte nördliche Deklination zur Zeit des Herbstäquinoctiums, die größte südliche zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche, in den Solstitien ist ihre Deklination gleich Null. Vom Sommersolstitium bis zu demjenigen des Winters, befindet sie sich also in nördlichen Parallelkreisen und erreicht bei der Culmination eine größere Höhe über dem Horizonte als in den Monaten zwischen dem Winter- und Sommersolstitium. Hieraus muß nothwendig eine jährliche Variation der Häufigkeit der Meteore folgen, d. h., es werden in dem ersteren Zeitraume mehr Meteore sichtbar sein müssen als in dem letzteren. Dies findet in der That statt, wie die folgende Tafel der Beobachtungen zeigt.

Monat	Coulvier-Gravier (1841—1845)	Jul. Schmidt (8 Jahre)	Rud. Wolf (12 Jahre)	Jul. Schmidt (27 Jahre)
Januar	3,6	3,4	5,5	13,07
Febr.	3,6	—	5,4	6,42
März	2,7	4,9	5,2	10,70
April	3,7	2,4	4,6	11,64
Mai	3,8	3,9	4,1	8,72
Juni	3,2	5,3	5,4	9,40
Juli	7,0	4,5	9,8	18,27
Auguſt	8,5	5,3	12,9	24,97
Septb.	6,8	4,7	7,4	11,73
Oktobr.	9,1	4,5	6,4	18,07
Novbr.	9,5	5,3	5,0	16,64
Dezbr.	7,2	4,0	4,1	17,96

(Vergl. Coulv.-Grav., Introd. historique p. 172; Kosmos III. B. S. 602; Les Mondes XIII p. 24, Schmidt, Astr. Beob. üb. Meteorb. p. 52).

Die meteoriſche Sonne ſteht um 6 Uhr früh über dem Horizonte im Meridian, von dieſem Momente an bis zu ihrem untern Meridiandurchgange um 6 Uhr Abends, befindet ſie ſich beſtändig auf der weſtlichen Halbkugel des Himmels; deshalb muß am Tage die vorherrſchende Richtung der Sternſchnuppen eine weſtliche ſein. Während der Nacht befindet ſich die meteoriſche Sonne hingegen ſtets auf der öſtlichen Hälfte des Himmels, daher muß der Beobachter um dieſe Zeit die meiſten Meteore aus öſtlicher Richtung herkommen ſehen, was durchaus mit den Beobachtungen übereinſtimmt. „Man kann ſonach," ſagt Schiaparelli, „mittels des Princips von Brandes alle Einzelnheiten der periodiſchen Variationen, wenigſtens in Betreff des Geſetzes ihrer Ab- und Zunahme erklären, ſo daß dieſe Variationen, anſtatt ein unüberwindliches Hinderniß gegen die cosmiſche Theorie der Meteore zu bilden, dieſelbe vielmehr auf das Glänzendſte beſtätigen. Alle die entwickelten Umſtände können, wie man bemerkt, ſelbſt auch dann noch ihre Geltung beſitzen, wenn man eine vollkommene Gleichförmigkeit für das Herabfallen der Sternſchnuppen von allen Richtungen des Raumes her, nicht annehmen wollte." —

Der Nachweis der paraboliſchen Geſchwindigkeit für die den Raum um die Erde durchlaufenden Meteore, führte natürlicher Weiſe dazu, zu unterſuchen, ob die Analogie zwiſchen den Bahnen der Sternſchnuppen und Kometen nur darauf beſchränkt ſei, daß beide langgeſtreckte Kegelſchnitte ſind, oder ob ſich dieſelbe noch über mehrere Punkte ausdehne. In dieſer Beziehung hatte ſchon früher Erman für die Perſeiden eine ſehr große Neigung der Bahn und letztlich Newton für die Novembermeteore eine rückläufige Bewegung nachgewieſen; es ergab ſich alſo, daß

nicht nur in der Form, sondern auch in der Lage der Bahnen, zwischen den Meteoren und den Kometen die größte Aehnlichkeit bestehe. „So bot sich," sagt Schiaparelli, „naturgemäß die schon von Halley vermuthete Hypothese dar, daß die Sternschnuppen sowie die Kometen zu uns aus den Fixsternräumen kommen. Da die Sternschnuppen zu Systemen vereinigt zu uns gelangen, so war die Vorstellung, daß sie schon in den Tiefen des Raumes sich zu Systemen vereinten, und daß sie dort Anhäufungen von äußerst dünner Materie bilden, ebenfalls von der Natur geboten. Wenn man untersucht, welche Umbildungen eine solche Anhäufung bei ihrer Annäherung an das Sonnensystem erleiden muß, so erkennt man nicht ohne gerechtes Erstaunen, daß für jede sehr dünne, von der Sonne angezogene Wolke, möge sie aus continuirlicher Materie bestehen oder aus getrennten Theilchen, das Gesetz der Attraction mit Nothwendigkeit die Umbildung dieser Masse in einen dünnen und sehr langen Strom bestimmt, der nach einer Curve gekrümmt ist, welche in den uns benachbarten Räumen von einer Parabel wenig abweicht und im Allgemeinen sich einem sehr in die Länge gezogenen Kegelschnitte nähert. — Hierin glaubte ich den Schlüssel für die Bildung der nichtperiodischen Sternschnuppenströme gefunden zu haben. Eine ähnliche Theorie erklärt die Bildung der ringförmigen periodischen Ströme, als deren einen man den Novemberstrom bisher schon mit Grund vermuthen konnte. Eine cosmische Wolke, welche noch nicht in einen Strom sich aufgelöst hat, und deshalb relativ dichter ist, als die vorhergenannten, kann bei beträchtlicher Annäherung an einen der größeren Planeten, in eine Bahn von kurzer Periode und von kleiner Perihelldistanz abgelenkt werden. Bei dem

Durchgange durch das Perihel kann dieſe Wolke durch die Verſchiedenheit der Wirkung der Attraction der Sonne auf ihre verſchiedenen Theile, oder durch die auflöſende Kraft der Sonne zerſtreut werden; die Wolke wird ſich nach und nach zu einem Strome verlängern, der ſich endlich ſchließt und einen elliptiſchen Ring bildet. Dieſe Ideen waren nicht nur mit allen bis jetzt bekannten Thatſachen, ſondern auch mit den cosmogoniſchen Hypotheſen von William Herſchel und Laplace in vollkommener Uebereinſtimmung. War es nicht äußerſt wahrſcheinlich für die in den Himmelsräumen zerſtreute Materie alle möglichen Grade der Concentration, der Dichtigkeit und der Zertheilung anzunehmen? Da ferner die ſtarken Neigungen und die rückläufigen Bewegungen keine Wahrſcheinlichkeit zuließen, die Entſtehung der Sternſchnuppen mit derjenigen der planetariſchen Körper des Sonnenſyſtems in Zuſammenhang zu bringen, war es alsdann nicht faſt unvermeidlich, ihnen einen ähnlichen Urſprung wie den Kometen zuzuerkennen? Die Bildung der Ströme wurde hierdurch ſehr leicht und natürlich erklärt. Die Beobachtungen von Coulvier-Gravier ließen eine große Wahrſcheinlichkeit dafür erkennen, daß die Sternſchnuppenbahnen ſehr langgeſtreckte Kegelſchnitte ſind. Endlich hatte Profeſſor Höck kurz zuvor mit großer Wahrſcheinlichkeit auf die Möglichkeit hingewieſen, daß auch die Kometen aus den Tiefen des Himmels nicht als iſolirte Maſſen zu uns gelangen, ſondern als Glieder von zuſammengeſetzten Syſtemen, indem ſie ebenfalls Ströme bilden, von zwar nicht identiſcher aber doch analoger Art wie die Sternſchnuppenſtröme. Bei dem Stande der bisherigen Meteoraſtronomie waren folglich die obigen Schlüſſe von ſehr großer Wahrſcheinlichkeit. Die ſo über die Bahnen

und den wahrscheinlichen Ursprung der Sternschnuppen erlangten Kenntnisse schienen nun von genügender Solidität zu sein, um sie als Grundlage zu weiteren Untersuchungen zu benützen."

Nach diesen Ideen berechnete nun Schiaparelli die von den Sternschnuppen des 10. August beschriebene Parabel und nahm hierbei als Radiationspunkt derselben nach Alex. Herschel den Punkt des Himmels von 44 Grad Rectascension und 56 Grad nördlicher Declination an, so wie als Augenblick des Durchganges der Meteore durch die Ebene der Erdbahn im Jahre 1866 den 11. August Morgens 6 Uhr.

Es fanden sich auf diese Weise folgende

Elemente der Perseiden 1866

Durchgang durch das Perihel 1866.	Juli 23,62
Länge des Perihels	343° 38'
Länge des aufsteigenden Knotens	138 16
Neigung der Bahn	64 3
Periheldistanz	0,9643
Umlaufszeit	108 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Die Dauer der Umlaufszeit bestimmte Schiaparelli aus einer Reihe von außergewöhnlich glänzenden Erscheinungen der Augustmeteore, die er den Katalogen von Quetelet und Ed. Biot entlehnte; doch ist diese Umlaufszeit sehr unsicher. Die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Perseiden der Erde begegnen, findet sich aus obigen Bahnelementen zu 8 deutschen Meilen, in bester Uebereinstimmung mit dem aus den Beobachtungen durch Alex. Herschel abgeleiteten Werthe von $7^1/_2$ Meilen (Proc. of the British Meteor. Society v. II. p. 19).

Die Elemente des großen Kometen (III), der im Sommer 1862 beobachtet wurde, sind nach Oppolzer:

Durchgang durch das Perihel 1862 August	22,9
Länge des Perihels	344° 41′
Länge des aufsteigenden Knotens	137 27
Neigung der Bahn	66 26
Periheldistanz	0,9626
Umlaufszeit	121,5 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Man sieht sofort, daß sich die beiden Elementensysteme nur um einen geringen Betrag von einander unterscheiden. Man kann diese Abweichungen mit Recht der geringeren Genauigkeit beimessen, welche sich bei Bestimmung des Radiationspunktes und des Knotens der Perseus-Meteore nur angeben läßt. Ja, man darf füglich erstaunen, daß sich keine größeren Unterschiede in den Elementen herausstellten. Die Abweichung in den Resultaten für die Umlaufszeit, ist zwar beträchtlicher, aber deshalb ohne große Bedeutung, weil gerade dieses Element in beiden Bahnen nur unsicher zu erhalten ist.

Zu den vorstehenden Ergebnissen war Schiaparelli bereits gegen Ende November 1866 gelangt; er veröffentlichte dieselben im folgenden December und gab dabei gleichzeitig eine genäherte Bahn für die Novembermeteore, unter der Voraussetzung, daß sie eine Umlaufsperiode von 33¼ Jahren besitzen und ihr Radiant am 13. November 1866 in 143° 12′ Länge und 10° 16′ nördlicher Breite sich befindet.

Diese Bahnelemente sind folgende:

Bahnelemente der Leoniden vom 13. November 1866.

Durchgang durch das Perihel 1866 Nov.	10,092
Länge des Perihels	56° 25′9

Länge des aufsteigenden Knotens	231 28,2
Neigung der Bahn	17 44,5
Periheldistanz	0,9873
Excentricität	0,9046
halbe große Axe	10,340
Umlaufszeit	33,25 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Merkwürdiger Weise fand sich auch hierzu sofort ein Komet, der in fast gleicher Bahn einhergeht. Der Komet I 1866 beschreibt nach der Berechnung von Oppolzer eine Bahn, welche durch folgende Elemente dargestellt wird:

Bahnelemente des Kometen I 1866.

Durchgang durch das Perihel 1866	Januar 11,160
Länge des Perihels	60° 28,0′
Länge des aufsteigenden Knotens	231 26,1
Neigung der Bahn	17 18,1
Periheldistanz	0,9765
Excentricität	0,9054
halbe große Axe	10,324
Umlaufszeit	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Ein Zusammenfallen von zwei Meteorbahnen mit zwei Kometenbahnen kann auf keinen Fall dem Zufalle zugeschrieben werden und Sir John Herschel bemerkte deshalb mit Recht: „Diese Coincidenz ist so frappant, daß sie keinen Zweifel über die Gemeinsamkeit des Ursprungs der Kometen und Meteorströme mehr übrig läßt. (Les mondes XIV p. 370).

Inzwischen hatte sich auch Leverrier mit den Meteoren zu beschäftigen begonnen, und zwar hauptsächlich, um die Schwierigkeit hinwegzuräumen, welche nach der Entdeckung der rückläufigen Bewegung der Leoniden durch

Prof. Newton, in der Annahme lag, daß dieſe eine faſt kreisförmige Bahn in nur wenig verſchiedenem Abſtande als die Erde, um die Sonne beſchreiben ſollten. Eine derartige Annahme ſtand von vorneherein im Widerſpruch mit den cosmogoniſchen Theorien von William Herſchel und Laplace. Leverrier wies in der Sitzung der Pariſer Akademie vom 21. Januar 1867 (Comptes Rendus t. 64 p. 94—99) nach, daß die Meteore des November nicht wohl als von gleichem Urſprunge wie die Planeten angeſehen werden könnten, wie es aber vollkommen unmöglich ſei, daß ſolche Maſſen, wenn ſie von Außen in das Sonnenſyſtem eindringen, durch die Attraction der Planeten in eine Bahn von 1 oder 2 Jahren Umlaufszeit gelenkt würden. Vielmehr müſſe man annehmen, daß die Meteore des November eine ſehr excentriſche Bahn beſchreiben, in der ſie ſich nach kurzem Herabſteigen zur Sonne gegen die großen, äußeren Planeten hin bewegen und etwa eine Umlaufszeit von $33^1/_4$ Jahren beſitzen dürften. Als Bahnelemente des Meteorſchwarmes der Leoniden fand Leverrier:

Länge des Perihels	42° 24′
Länge des aufſteigenden Knotens	231 18
Neigung der Bahn gegen d. Ekliptik	14 41
Periheldiſtanz	0,98900
Excentricität	0,904354
halbe große Axe	10,34017
Umlaufszeit	33,25 Jahre
Bewegung	rückläufig

Man ſieht unmittelbar, daß die von Leverrier angegebenen Bahnelemente faſt gänzlich mit denjenigen übereinſtimmen, welche für denſelben Meteorſchwarm Schiaparelli gefunden hat.

Leverrier ist der Ansicht, daß die Novembermeteore in ihre gegenwärtige Bahn durch eine energische störende Kraft geworfen wurden. „Zeichnet man," sagte er, „die Bahn des Schwarmes, so findet man, daß sie gegen die Grenze ihres oberen Theiles der Uranusbahn begegnet, und wenn man die Stellung des Meteorschwarms und des Uranus für eine Reihe von Jahrhunderten rückwärts rechnet, so ergibt sich, daß im Jahre 126 n. Chr. sich der Meteorschwarm dem Uranus ganz bedeutend genähert hat. Es stellt sich zugleich heraus, daß die Anziehungskraft des Uranus stark genug ist, um in der Bahn und Constitution des Schwarms solche Veränderungen hervorzubringen, wie wir sie gegenwärtig bei den Novembermeteoren sehen. Der Einfluß des Uranus wird in ungleicher Weise die absolute Geschwindigkeit der Körperchen verändert haben, und da dieser Einfluß die Attraction der Gesammtmasse überstieg, so wird sich der Schwarm aufgelöst und ausgedehnt haben. Man dürfte sich füglich wundern, daß seit dem Momente, wo diese Vertheilung begann, dieselbe sich bis jetzt erst über einen kleinen Theil der Bahn ausgedehnt hat, wenn das Phänomen nicht noch ganz neu wäre. Dieser (mit Meteoren besetzte) Bogen aber wird sich ausdehnen, und der Ring zuletzt ganz fertig werden. Der Meteorschauer wird dann im Verlaufe der Zeit innerhalb einer größeren Anzahl nacheinander folgender Jahre erscheinen, aber die Intensität schwächer werden. Die Meteore des August erhalten eine ähnliche Erklärung, nur ist dieses Phänomen verhältnißmäßig älter und der Ring hatte Zeit genug, sich zu bilden."

Schiaparelli bestreitet übrigens die Theorie, nach welcher es der Planet Uranus gewesen sei, der den Meteorschwarm in seine heutige Bahn warf. Nach seinen Rech-

nungen könnte man dies eher den beiden Planeten Jupiter und Saturn zuſchreiben, doch macht der Mailänder Aſtronom darauf aufmerkſam, daß man noch eine Rückkehr des Kometen von 1866 abwarten müſſe, ehe man hoffen könne, entſcheidende Reſultate zu erlangen.

Die neuen Anſchauungen über den Zuſammenhang zwiſchen Kometen und Meteoren, zu welchen die Arbeiten von Schiaparelli und Leverrier geleitet, haben das Intereſſe für dieſe Art von Unterſuchungen weſentlich erweitert. Schon im Februar 1867 hatte Prof. Weiß bemerkt, daß einige Epochen im Jahre, die als beſonders reich an Sternſchnuppenerſcheinungen bezeichnet ſind, ſolchen Punkten entſprechen, in denen die Erdbahn von den Bahnen gewiſſer Kometen durchſchnitten wird. Unter dieſen ſind es beſonders die Kometen 1861 I und von Biela, deren Bahnen die der Erde in Punkten treffen, an welchen ſich unſer Planet am 20. April und 28. November befindet, d. h. an Tagen, welche ſich durch zahlreiche Sternſchnuppen auszeichnen. Nach Prof. Weiß iſt es nicht unwahrſcheinlich, daß auch der erſte Komet von 1818 ſich in einer, von der Bahn des Biela'ſchen wenig abweichenden Bahn und vielleicht zuſammen mit dem von dieſem hervorgebrachten Sternſchnuppenſchwarme bewegt.

V.

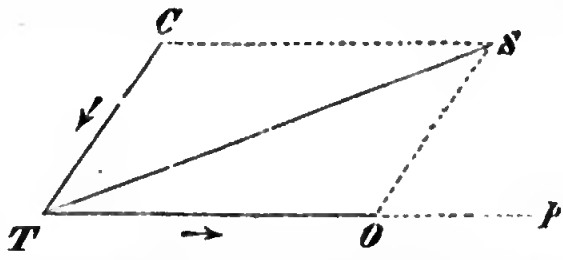
Die Sternschnuppen bewegen sich sämmtlich mit nahe gleich großer Geschwindigkeit durch den Raum und diese ist in jedem Falle fast übereinstimmend mit der parabolischen. Nennt man v die Geschwindigkeit der Sternschnuppen, V diejenige der Erde, so hat man ohne großen Fehler

$$v : V = 1{,}4142$$

Dies gilt indeß nicht für die sogenannten Boliden oder eigentlichen Feuerkugeln und die Aërolithe, welche letztere, wie sich sogleich herausstellen wird, sich in hyperbolischen Bahnen bewegen.

Bei Betrachtung der Richtung und Bewegung der Meteore muß man sorgfältig zwischen der wahren und der scheinbaren unterscheiden Denn da die Erde, von der aus wir die Meteore beobachten, nicht im Raume stillsteht, sondern sich in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegt, so wird hierdurch eine Veränderung der Richtung wie Bewegung der Sternschnuppen hervorgebracht, welche man durch Construction des aus der Mechanik bekannten Parallelogramms der Kräfte leicht finden kann.

Es bezeichne in nebenstehender Figur $T\ O$ die Richtung und Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, T die wahre Richtung und Geschwindigkeit einer Sternschnuppe,



so wird durch das Zusammenwirken der beiden Bewegungen eine scheinbare Bewegung des Meteors hervorgebracht, welche nach Richtung und Größe sich durch die Diagonale ST des aus CT und TO construirten Parallelogramms ausdrückt. Das Meteor scheint demnach aus der Richtung TS zu kommen, während es in Wirklichkeit aus der Richtung CT kommt und es ist $\sphericalangle\ CTO$ die wahre Elongation des Radiationspunktes und Sternschnuppenschwarmes vom Apex P, während $\sphericalangle\ STO$ die scheinbare Elongation bezeichnet, die also in der That beobachtet wird.

Die größte relative Geschwindigkeit müssen diejenigen Meteore besitzen, welche der Erde gerade entgegenkommen, deren scheinbare (und wahre) Elongation vom Apex daher gleich Null Grad ist. Nimmt man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn zur Einheit, so ist demnach die Geschwindigkeit dieser Meteore gleich 1,4142 + 1 also gleich 2,404. Die geringste Geschwindigkeit besitzen die Meteore, deren scheinbare (und wahre) Elongation vom Apex 180° beträgt; so ist gleich 1,414—1 d. h. gleich 0,414. In Metern ausgedrückt sind demnach die äußersten Grenzen, zwischen denen die Geschwindigkeit der Sternschnuppen variirt, resp. 70642 und 12120 Meter, beide verhalten sich demnach zu einander wie 5,82 : 1.

Schon aus der obigen Zeichnung ergibt sich, daß die scheinbare Elongation eines Radianten vom Apex stets kleiner ist, als die wahre, daß also die Wirkung der Erdbewegung auf die Radiationspunkte wesentlich darin besteht, diese dem Apex näher zu bringen. Die beobachteten Radiationspunkte müssen sich also um den Apex herum zusammendrängen und um den Anti-Apex herum mehr zerstreut erscheinen; die wahre Vertheilung der Radianten am Himmelsgewölbe wird demnach auch von der scheinbaren verschieden sein. Die Dichtigkeit derselben wird ein Maximum beim Apex haben, und hier nahe dreimal größer sein als die wahre, während beim Anti-Apex die scheinbare Dichte der Radiationspunkte fast 12mal geringer ist als die wahre, und diese Ungleichheit wird noch für ziemlich beträchtliche Entfernungen vom Apex und Anti-Apex nicht viel geringer. Wenn man durch einen größten Kreis, dessen Pole der Apex und der Anti-Apex sind, den Himmel in zwei Halbkugeln theilt, so liegen auf der Seite des Apex 5,82mal mehr Radianten als auf der andern Hemisphäre. Wird um den Apex in 54° 44′ Abstand ein Kreis beschrieben, so umfaßt derselbe 0,2113 der ganzen Kugelfläche, aber er enthält trotzdem die Hälfte aller Radianten. Hieraus folgt unmittelbar, daß die Anzahl der einem Beobachter zugleich sichtbaren Radiationspunkte, von der Höhe des Apex über dem Horizonte abhängt. Da nun der Apex um 6 Uhr Morgens im oberen Meridian steht und seine Culmination unter dem Horizonte um 6 Uhr Abends stattfindet, so wird man im Allgemeinen in den Morgenstunden mehr Radiationspunkte sehen, als Abends. Eine genauere Untersuchung mit Berücksichtigung des Einflusses der Dämmerung hat Schiaparelli das Resultat ergeben, daß das Verhältniß der größten und kleinsten

Häufigkeit der Radianten leicht in unſeren Klimaten das der Zahlen 4 : 1 erreichen kann. Wären unſere Kenntniſſe der Radiationspunkte der Meteore vollſtändiger, als ſie in der That ſind, ſo ließe ſich aus der ſcheinbaren Dichte die wahre ableiten, d h. die Menge der Ströme, welche in einem gegebenen Augenblicke aus einer gegebenen Richtung des Raumes gegen die Erde herabſtürzen, und wir würden möglicherweiſe im Stande ſein, das Geſetz zu beſtimmen, nach welchem die Richtungen der Meteorſtröme vertheilt ſind. Indeß ſind die desfalſigen Beobachtungsreſultate ſelbſt für die nördliche Hemiſphäre des Himmels noch äußerſt lückenhaft. Die vorzüglichſten Kataloge, jene von Heis und Greg, baſiren auf Abendbeobachtungen, alſo ſolchen, wo der Apex nahe ſeiner untern Conjunction iſt, ſo daß alſo die meiſten Radianten ſicher noch unbekannt ſind. Zezioli in Bergamo hat zwar auf Veranlaſſung von Schiaparelli in den Jahren 1867—1869 zahlreiche Notirungen von Sternſchnuppenbahnen unter Beobachtung großer Gleichförmigkeit in den Jahreszeiten und den Nachtſtunden angeſtellt, allein die Reſultate derſelben ſind doch nur ſehr fragmentariſch, theils wegen der Kürze der Zeit, theils wegen ſchlechter Witterung und Mondſchein, theils weil ein Beobachter ſtets nur eine beſchränkte Anzahl unter den auftauchenden Meteoren wahrzunehmen vermag. Nichtsdeſtoweniger hat Schiaparelli aus dieſen Beobachtungen die Poſitionen von 189 Radianten ableiten können, und findet aus einer eingehenden Unterſuchung, „daß die Zahl der meteoriſchen Radiationen, welche aus den Beobachtungen einer einzigen Nacht leicht zu beſtimmen ſind, ſehr wahrſcheinlich für den ganzen Himmel 1000 überſteigt.“ Schiaparelli hat gleichzeitig nach einem graphiſchen Verfahren für die den einzelnen

Meteorſtrömen entſprechenden Radianten näherungsweiſe Bahnelemente abgeleitet Aus dieſem Cataloge führe ich Ihnen einige wenige der intereſſanteſten Ströme an.

Nr. 54.

April 13. Radiant: Rectaſc. 231°; Dekl. + 27°. Wahre Elongation vom Apex 123°. Bewegung: Direct. Neigung der Bahn 48°; Länge d. aufſt. Knotens 24°; Länge des Perihels 276°; Periheldiſtanz 0,655. Dieſe paraboliſchen Elemente haben, mit Ausnahme der Periheldiſtanz eine große Aehnlichkeit mit denjenigen des Kometen I 1847.

Nr. 63.

April 25. Radiant: Rectaſc. 260°; Decl. + 24°. Folgendes iſt die Nebeneinanderſtellung der Bahnelemente dieſes Stromes mit denjenigen des Kometen II 1784, nach der Berechnung von Beſſel. Die Bahn des Kometen iſt aus nur 3 unvollkommenen Beobachtungen Klinkenbergs hergeleitet.

	Strom vom 25. April.	Komet II 1784
Länge des Perihels	285°	278,8°
Länge des aufſt. Knotens	35	33,1
Neigung der Bahn	79	67,1
Periheldiſtanz	0,571	0,625
Richtung der Bewegung	direct	direct.

Nr. 118.

Dieſer Radiant iſt bemerkenswerth dadurch, daß er nur 50° von der Sonne entfernt iſt. Er iſt thätig am 28. Juli in 174° Rectaſc. und 55° nördl. Declin.; ſeine wahre Elongation vom Apex beträgt 147°. Schon Weiß (A. Nachr. Nr. 1710) und Julius Schmidt (A. Beob. üb. Meteorb. p. 46) haben eine Analogie zwiſchen der Bahn dieſes Sternſchnuppenſtromes und derjenigen des Kometen II 1737 vermuthet. Zezioli's Beobachtungen

ſcheinen dies zu beſtätigen. Stellt man beide Bahnen neben einander, ſo hat man:

	Strom vom 28. Juli.	Komet II 1737.
Länge des Perihels	262°	262,6°
Länge des aufſt. Knotens	125	123,9
Neigung der Bahn	27	39,3
Periheldiſtanz	0,866	0,867
Richtung der Bewegung	direct	direct.

Nr. 139.

Radiation der Perſeiden des 10. Auguſt in 43° Rectaſc. und 57° nördl. Decl., 67° wahrer Elongation vom Apex. „In Poſitionen," ſagt Schiaparelli, „welche dieſem Radianten ſehr nahe ſind, und an den der Epoche des 10. Auguſt benachbarten Tagen, zeigt ſich eine große Anzahl von parafitiſchen Radiationen, welche mit der Hauptradiation ein und dasſelbe Syſtem bilden.

Nr. 140.

Strom vom 10. Auguſt. Aus 47° Rectaſc. und 18° nördl. Declin., bei 5° wahrer Elongation vom Apex, unter allen dieſem am nächſten. „Die Poſition," ſagt Schiaparelli, „weicht nicht viel von dem Radiationspunkte des Kometen II 1862 ab, welcher von Prof. Weiß (Beiträge ꝛc. p. 11) bei 47° Rect. und 13° n. Decl. angegeben iſt. Dieſe Coincidenz hat aber geringe Bedeutung, weil unſer Radiant für den 10. Auguſt gilt, der des Kometen aber für den 19. Auguſt; hieraus folgt, daß die Elemente der Bahnen nur eine unvollkommene Aehnlichkeit haben."

	Meteore des 10. Auguſt.	Komet II 1862.
Länge des Perihels	324°	299,3°
Länge des aufſt. Knotens	318	326,5
Neigung der Bahn	3	7,9
Periheldiſtanz	0,997	0,981
Richtung d. Bewegung	rückläufig.	rückläufig.

Nr. 143.

Strom vom 11. Auguſt, aus 90° nördl. Decl. bei 116 wahrer Elongation vom Apex. Heis ſetzt dieſen Radianten in 345° Rectaſc. und 85° nördl. Decl. und Prof. Weiß findet unter dieſer Annahme, daß die Bahn dieſes Stromes mit derjenigen des Kometen III 1853, übereinſtimmt, ausgenommen in der Periheldiſtanz. Zezioli's Poſition, die mit derjenigen von Greg übereinſtimmt, gibt keine ſo große Aehnlichkeit der Bahnen. Folgendes iſt eine Zuſammenſtellung der Bahnelemente:

	Strom Nr. 143. (11. Auguſt)	Strom Nr. 135. (5. Aug.)	Radiant v. Heis (Bahn v. Weiß)	Komet III 1853 (Bahn v. Krahl)
Läng. d. Perihels	289°	301°	317,7°	310,9°
„ d. aufſt. Knot.	139	133	138,4	140,5
Neigung d. Bahn	63	64	64,4	61,5
Periheldiſtanz	0,933	0,989	1,013	0,307
Bewegung	direct	direct	direct	direct

Nr. 155.

Radiation von Sternſchnuppen, die am 12. October 1868 von Zezioli beobachtet wurden. Der ſehr ſicher beſtimmte Radiant iſt in 53° Rect., 27° nördl. Decl. und 86° wahrer Elongation vom Apex. Dieſe Sternſchnuppen kommen faſt genau in der Verlängerung des Radius Vectors der Erde auf dieſe herab, und diejenigen, welche nicht die Erde treffen, fallen faſt in gerader Linie zur Sonne, da die Periheldiſtanz nur 0,024 beträgt.

Nr. 176.

Strom vom 30. November aus 17° Rectaſc. und 48° nördl Decl., bei 155° wahrer Elongation vom Apex. Die paraboliſchen Elemente dieſes Stromes zeigen eine große Aehnlichkeit mit denjenigen des Biela'ſchen Kometen.

Schiaparelli hat daher auch elliptische Elemente abgeleitet sie sind nebst denjenigen von Biela's Kometen folgende:

	Strom v. 30. Novbr.	Biela's Komet 1852
Länge des Perihels	103°	109,1°
„ des aufst. Knotens	248	245,8
Neigung der Bahn	15	12,6
Periheldistanz,	0,918	0,860
Excentricität	0,940	0,756
Bewegung	vollständig	vollständig

Die Differenzen zwischen beiden Bahnen erscheinen, wie Schiaparelli hervorhebt, der Art, daß sie der Unsicherheit in der Position des Radianten wohl zuzuschreiben sind. Auch ist bei der Rechnung die Anziehung der Erde nicht berücksichtigt worden, die allerdings den Radiationspunkt nur wenig verrücken konnte, da dieser während der Beobachtungen in der Nähe des Zeniths war. „Es ist jetzt erwiesen," bemerkt Schiaparelli, „daß die Sternschnuppen dieses Radianten in der Bewegung des Knotens dem Biela'schen Kometen folgen; die Beziehung dieser Meteore zu dem Kometen, welche von Prof. d'Arrest vermuthet, und von Prof. Weiß so schön erläutert worden ist, erlangt aus den Beobachtungen von Zezioli eine fast vollständige Gewißheit." — —

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Einwirkung, welche die Attraction der Erde auf das Fallen der Sternschnuppen ausübt.

Unter der hier gestatteten Voraussetzung, daß der Bogen der Erdbahn und der ungestörten Meteorbahn für die in Rede kommende Ausdehnung als gerade Linien angesehen werden und die durch die Sonne ausgeübte Stö-

rung vernachläſſigt werden kann, findet Schiaparelli für die beſchleunigte Geſchwindigkeit w der Meteorbewegung den einfachen Ausdruck

$$w^2 = u^2 + 2gr$$

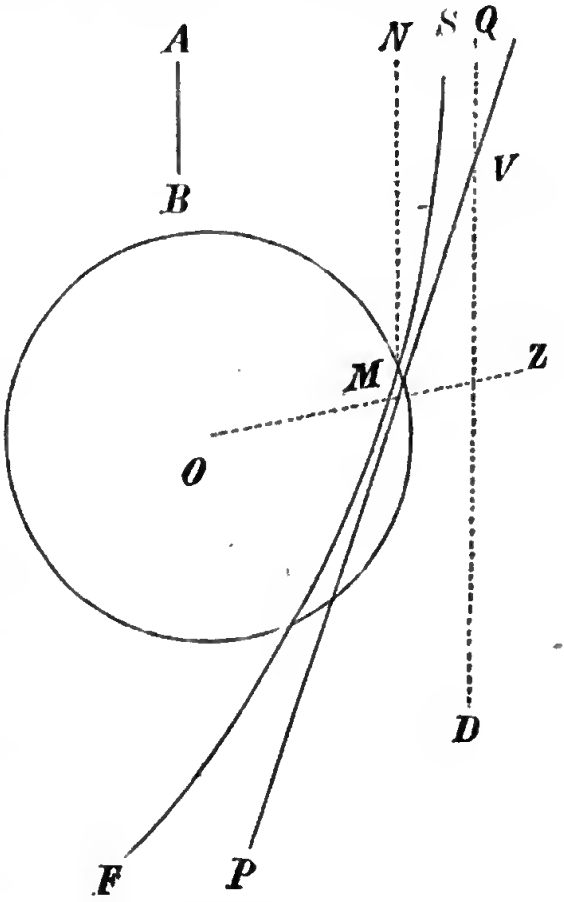
Hier bezeichnet u die nicht geſtörte relative Geſchwindigkeit des Meteors, r den mittleren Erdradius = 6364550 Meter und g die Schwere an der Erdoberfläche = 9,8 Meter. Setzt man dieſe Werthe in die Formel ein, ſo hat man

$$w^2 = u^2 + 124745180$$

und die Zahl rechts drückt aus, um wie viel das Quadrat der relativen Geſchwindigkeit vermöge der Erdanziehung wächſt. Berechnet man dieſe Beſchleunigung für die beiden äußerſten relativen Geſchwindigkeiten der Meteore, die ich oben zu 70642 und 2120 Meter in der Secunde angegeben habe, ſo ergibt ſich, daß in Folge der Erdanziehung die größte Geſchwindigkeit eines Meteors auf 71520, die kleinſte auf 16482 Meter anwachſen kann. Die Zunahme beträgt alſo im erſten Falle 878, im letzteren 4362 Meter. Sie ſehen hieraus, daß eine Wirkung der Erdanziehung darin beſteht, die Ungleichheit zwiſchen den größten und kleinſten relativen Geſchwindigkeiten zu vermindern.

Um den Einfluß der Erdattraction auf die Krümmung der Bahn der Meteore zu erkennen, wollen wir mit Schiaparelli die Wirkung der Sonne und des Mondes außer Acht laſſen und die Erde als ſtillſtehend annehmen. Die relative Bewegung der Sternſchnuppe wird nun in einem Kegelſchnitte vor ſich gehen, welcher den Erdmittelpunkt im Brennpunkte hat, die Ebene dieſer Bahn wird durch dieſen Mittelpunkt und durch die gerade Linie gehen, welche die Richtung und Lage der relativen

Bewegung darstellt, die stattfinden würde, wenn die Erde keine Anziehung ausübte; zuletzt will ich noch bemerken, daß die relative Bahn eine Hyperbel sein wird.



Stellt nun in nebenstehender Figur O den Erdmittelpunkt vor, und bezeichnet AB die Richtung, welche der nicht gestörte Sternschnuppenstrom haben würde, die also am Himmel die wahre Position des Radianten bezeichnet. Eine Sternschnuppe, die längs AB in der Richtung zum Erdmittelpunkte O hinfällt, kann in Folge der Erdanziehung nur eine Beschleunigung ihrer Bewegung, aber keine Veränderung ihrer Richtung erleiden. Dagegen wird ein Meteor, welches die AB parallele Gerade QD beschreibt in Folge der Erdattraktion in die hyperbolische Bahn SMF geworfen, von welcher O der Brennpunkt ist. Das Meteor wird in Folge dessen die Erde in M treffen und dem Beobachter aus der Richtung MV zu kommen scheinen, während die wahre ungestörte Bewegungsrichtung NM parallel mit AB war. Der Radiationspunkt erscheint daher für den Beobachter

in M dem Scheitelpunkte Z' um den Winkel NMV genähert. Diesen Winkel bezeichnet Schiaparelli mit dem Namen Zenithattraction, um an die ihn hervorbringende Ursache und die Richtung, nach welcher hin sie wirkt, zu erinnern. Sie erkennen leicht, daß die Zenithattraction auf die Positionen der Radianten analog wirkt, wie die Refraction auf die Oerter der Sterne; beider Wirkung ist gleich Null im Zenith und erreicht ihren größten Werth im Horizonte. Doch ist das Phänomen der Zenithattraction der Radiationspunkte nicht für alle Sternschnuppenströme identisch, es ist am größten für die, welche aus Radianten beim Anti-Apex herkommen, am kleinsten für die Meteore, welche ihre Radiationspunkte nahe beim Apex haben. Schiaparelli findet für den ersten Fall als Maximum 17° 20′, so daß also in diesem Beispiele der Radiant eben im Horizonte aufzugehen scheint, wenn er sich in der That noch 17° 20′ unter demselben befindet. Wenn dieser Radiationspunkt das Zenith erreicht, so ist hier die Zenithattraction gleich Null und es ergibt sich hieraus, daß das Radiationscentrum, wenn es vermöge der täglichen Bewegung der Erde vom Horizonte zum Zenith steigt, allein durch diese Wirkung um 17° 20′ unter den Sternen verschoben zu werden scheint. Schiaparelli hat gezeigt, daß unter gewissen Umständen in Folge der genannten Ursache sogar eine Verrückung der Radiationspunkte unter den Sternen bis zu 51° 16′ eintreten kann. Im Allgemeinen ergibt sich, daß man für alle diejenigen Radianten, welche mehr als 90° vom Apex entfernt sind, die von der Zenithattraction herrührende Bewegung in Rechnung ziehen muß, und hieraus folgt, von welcher Wichtigkeit für die Bestimmung der Radiationspunkte die Notirung der Zeit ist, zu

welcher die scheinbaren Bahnen der Meteore beobachtet wurden.

Aus dem vorstehend Entwickelten läßt sich die Begründung des Schlusses erkennen, daß durch die Attraction der Erde viele Sternschnuppen in unsere Atmosphäre gerathen, die sonst der Erde nicht begegnet wären. Schiaparelli hat gezeigt, daß in Folge der Anziehung die Zahl der von der Erde aufgehaltenen Sternschnuppen im Verhältniß des Quadrats der beschleunigten Geschwindigkeit der Meteore zu dem Quadrate ihrer einfachen relativen Geschwindigkeit einnimmt. Diese Thatsache ist zuerst von Prof. Newton bemerkt worden (Am. Journ. of Sc. XXXIX p. 199). „Diese Zunahme", sagt Schiaparelli, „ist für die mit kleiner Geschwindigkeit herabfallenden Ströme relativ sehr viel merklicher, als für die anderen; sie erfolgt für die Meteorschauer mit der größten Geschwindigkeit in dem Verhältnisse

$$1 : \left(\tfrac{71520}{70642}\right)^2 \text{ oder } 1 : 1{,}025$$

für die mit der kleinsten Geschwindigkeit herabfallenden Ströme dagegen in dem Verhältnisse

$$1 : \left(\tfrac{16482}{12120}\right)^2 \text{ oder } 1 : 1{,}849$$

Deshalb wird unter gleichen Umständen der Reichthum der vom Apex kommenden Ströme zu dem der Ströme, welche von der entgegengesetzten Richtung herkommen, sich verhalten wie 1,025 zu 1.849 oder einfacher wie 5 zu 9." Die vergrößerte Anzahl der Meteore vertheilt sich aber auch über eine größere Ausdehnung als eine Halbkugel. „Man kann also noch nicht sagen, daß die Menge der auf die Erde fallenden Meteore zunimmt, wie die Menge der einem gegebenen Beobachter sichtbaren oder auf eine Flächeneinheit von bestimmter Ausdehnung fallenden Sternschnuppen."

Wenn sonach aus dem so jetzt entwickelten Grunde die vom Anti-Apex herkommenden Ströme beträchtlich reicher an Meteoren sein müssen, als die um den Apex herum herkommenden; so steht dieser Ursache doch wiederum eine andere Wirkung mehr als compensirend gegenüber, wodurch die vom Apex herkommenden Ströme beträchtlich mehr begünstigt werden, als die entgegengesetzten. Diese Compensation besteht darin, daß die stündliche Häufigkeit der Meteore der relativen Geschwindigkeit, mit welcher sie sich bewegen, proportional sein muß. In dieser Hinsicht aber ist der Apex gegenüber dem Anti-Apex im Verhältnisse von 5.82 : 1 mehr begünstigt. Weitere Umstände, welche die stündliche Häufigkeit beeinflußen, sind: die Entfernung, in welcher sich die Meteore vom Beobachter befinden, die Neigung ihrer Bahnen, die Winkel, unter welchen diese Bahnen in dem Auge des Beobachters erscheinen, und manche andere Umstände, die sich jeder Berechnung entziehen Jedenfalls genügen diese Umstände, besonders in Verbindung mit den wechselvollen atmosphärischen Verhältnissen, um die Thatsache zu erklären, daß gewisse Sternschnuppenschauer, welche in einigen Gegenden sehr glänzend auftreten, sich in andern nur schwach zeigten, ohne daß man genöthigt wäre, zu der schon an und für sich unwahrscheinlichen Hypothese einer besonderen Vorliebe dieser Phänomene für gewisse Erdgegenden seine Zuflucht zu nehmen.

Die Kenntniß des Einflusses der von der Erde oder von anderen Planeten auf die Bahn der Sternschnuppen ausgeübten Störungen, ist für die Theorie der Meteore von großer Wichtigkeit. Schiaparelli hat diesen Einfluß genau untersucht und findet, daß, wenn die Erde der störende Planet ist, der Winkel der größten Ablenkung für einen gegebenen Meteorstrom gleich ist dem Doppelten des

größten Werthes der Zenithattraction, welche diesem Strome entspricht. Für die Novembermeteore fand der Director der Mailänder Sternwarte, daß der Winkel der größten Ablenkung der relativen Bewegung für die der Erde ganz nahe vorbeigehenden Meteore 1° 28' ist und daß durch die Störung in den extremen Fällen die mittlere Umlaufszeit von 33¼ Jahren bis auf 28,67 Jahre vermindert, oder bis auf 49,92 Jahre vergrößert werden kann. Man sieht hieraus, wie derjenige Theil der Meteore der Leoniden, welcher der Erde sehr nahe vorbeigeht, Gelegenheit hat, seine Umlaufsperioden zu verändern und sich in Gestalt eines dünnen ringförmigen Stromes über die ganze Bahn auszudehnen. Trotzdem wird die Aenderung im Radiationspunkte der gestörten Materie, verglichen mit der Radiation der übrigen, keine sehr bedeutende sein, so daß die Genauigkeit des Phänomens der Radiation im Laufe der Jahre noch sehr groß sein kann, trotzdem die Bahnen der einzelnen Meteore schon sehr auseinander gestreut worden sind, und zugleich beträchtliche Variationen in ihren Umlaufszeiten und Excentricitäten erfahren haben. „Ein Meteorstrom," sagt Schiaparelli, „kann mit fast geometrischer Genauigkeit von einem Punkte aus ausstrahlen, und dennoch können seine Elemente im Raume sehr verschiedene Bahnen beschreiben."

Schiaparelli hat ferner untersucht, bis zu welchem Grade die anziehende Kraft der Erde die großen Axen der Meteorbahnen verändern kann. Er findet, daß ein mit paraboliſcher Bewegung begabtes Meteor, wenn es in Folge der störenden Einwirkung der Erde in eine Bahn mit der kleinstmöglichen Umlaufszeit gebracht werden soll, sich rechtläufig bewegen, und die Parabel, die kreisförmig angenommene Erdbahn unter einem Winkel von 18° schneiden muß. Die nachstehende kleine, von Schiaparelli berechnete Tafel enthält die halben großen Axen der elliptischen Bahnen nebst den

entsprechenden Umlaufszeiten für die beigesetzten Distanzen der größten Annäherung an die Erde unter den obigen Umständen:

Distanz von der Erde in Erdradien	Halbe große Axe der neuen Bahn	Entsprechende Umlaufszeit in Jahren
1	2.65	4.31
2	5.04	11.31
3	7.43	20.26
4	9.90	31.15
5	12.46	43.98
6	14.77	56.76
7	17.19	71.27
8	19 64	87.04
9	22.08	103.75
10	24.45	120.90

Auch die übrigen Planeten üben natürlich je nach ihrer Masse und der Annäherung der Meteore an sie, auf letztere eine störende Einwirkung. Bei den unteren Planeten ist diese Einwirkung wegen ihrer geringen Masse und der größeren Geschwindigkeit der Meteore geringer wie bei der Erde, allein bei den oberen Planeten vom Jupiter an, können die Ablenkungen der Meteorbahnen eine enorme Größe erreichen. Beispielsweise findet Schiaparelli für:

Planet	Ströme in der Richtung des Anti-Apex		Ströme in d. Richtung des Apex	
	größte Ablenkung	Distanz in Erdhalbmessern entsprechend einer Ablenkung v. 4°	größte Ablenkung	Distanz in Erdhalbmessern entsprechend einer Ablenkung v. 4°
Merkur	3° 44′	—	0° 7′	—
Venus	24 43	7,30	1 10	—
Erde	34 40	11,54	1 24	—
Mars	14 20	2,15	0 29	—
Jupiter	159 51	20651	81 37	608
Saturn	154 54	11314	66 12	333
Uranus	150 2	3830	54 44	113
Neptun	157 30	6349	74 9	187

Diese kleine Tafel gibt Anlaß zu verschiedenen interessanten Vergleichungen; hier soll nur darauf hingewiesen werden, daß, wenn einer der größeren Planeten einen Meteorstrom durchschneidet, oder ihm auch nur auf einige Hundert Erdhalbmesser nahe kommt, die Meteore des nächsten Theiles dieses Stromes in ihrer Bahn so stark abgelenkt werden, daß für diesen Theil der Strom als zerstört betrachtet werden kann; „die Einwirkung wird derjenigen eines heftigen Sturmes auf eine Rauchsäule ähnlich sein." Nach mehreren solchen Begegnungen kann es so weit kommen, daß das ursprüngliche Band zwischen diesen Meteoren für die Beobachtung nicht mehr erkennbar ist und sie werden dann als sporadische Meteore zu betrachten sein.

Wir kommen bei diesen Betrachtungen ganz von selbst zu der Frage nach der Entstehung der Meteorströme. Auch diese Frage ist von Schiaparelli in höchst scharfsinniger Weise discutirt und beantwortet worden. Er findet, wie ich bereits im dritten Briefe auseinandersetzte, daß ein System von kugelförmiger Gestalt, mag es nun aus discreten Theilchen oder aus zusammenhängender Materie bestehen, vorausgesetzt daß seine Dichte sehr gering ist, sich auflösen muß, sobald es sich bis zu einer gewissen Grenze der Sonne nähert. Diese Stabilitätsgrenze hängt keineswegs von den Dimensionen des kugelförmigen Systems, sondern bloß von der Menge der in ihm enthaltenen Materie und von seiner Entfernung von der Sonne ab. Wenn das System homogen (allenthalben gleichmäßig dicht) ist, so beginnt die Auflösung desselben, sobald die Stabilitätsgrenze überschritten ist, in allen seinen Schichten gleichzeitig; nimmt aber das System nach innen an Dichte zu, so beginnt die Auflösung mit den äußeren Schichten. Diese auflösende Kraft

der Sonne ist nichts anderes, als eine Erscheinung ihrer Anziehung, eine Störung, und das Gleiche findet auch in Folge der planetarischen Störungen statt. In Folge der auflösenden Kraft, vor allem der Sonne, muß sich die Materie längs der beschriebenen Bahn vertheilen, und sich über einen gewissen Bogen derselben ausdehnen, so daß bei einer elliptischen Bahn schließlich die ganze Peripherie mit Materie (Meteoren) besetzt erscheint. Auch die Planeten können natürlich in bestimmten Fällen unmittelbar und mittelbar zur Auflösung der ursprünglichen Masse und zur Bildung eines Stromes beitragen.

Die Kometen sind nach allem, was wir von ihnen wissen, durchaus Massen, welche den hier als nothwendig erkannten Bedingungen zu einer Auflösung entsprechen; auch haben wir bereits früher gesehen, daß manche Kometen in nahezu identischen Bahnen mit gewissen Meteorströmen einhergehen. Wir können daher den weiteren Schluß nicht leicht abweisen, daß in der That aus der Auflösung von gewissen Kometen Meteorströme entstehen.

Inzwischen glaube ich nicht, daß die Abscheidungen aus den Kometenköpfen, welche man in neuerer Zeit bei vielen dieser Himmelskörper beobachtet hat, auf die auflösende Kraft der Sonne, welche ich soeben besprochen habe, zurückzuführen sind; denn diese Abscheidungen erfolgen nicht in der Art, daß die Theile sich längs der Bahn ausbreiten, sondern vielmehr in der Richtung des Radius Vectors und müssen daher von einer andern Ursache herrühren. Auch die Kometenschweife können mit der Auflösung der Kometen in Meteorströme nicht in Zusammenhang gebracht werden; vielmehr macht Schiaparelli mit Recht darauf aufmerksam, daß, wenn in der physischen Theorie der Kometen irgend etwas als fest-

stehend betrachtet werden kann, dies die Thatsache ist, daß die Schweifmaterie ihre Bewegung Kräften verdankt, deren nähere Beschaffenheit zwar unbekannt ist, welche aber ganz oder zum Theile die Einwirkung der Gravitation zerstören, und sogar bisweilen Wirkungen hervorbringen, welche denen entgegengesetzt sind, die aus der Gravitation hervorgehen würden. Die Untersuchungen, welche Bessel über den Halley'schen Kometen (A. Nachr. Nr. 300—302) angestellt, haben schon vor vielen Jahren diesen berühmten Astronomen zur Annahme einer repulsiven Kraft geführt, welche auf diesen Kometen wirkt, und ihren Sitz in der Sonne oder auch anderswo haben könne, indem „die gewöhnliche Kraft der Sonne mit der Erscheinung langgestreckter, nicht sehr beträchtlich gekrümmter und der Sonne nahe entgegengesetzter Kometenschweife unvereinbar ist." Diese Schlußfolgerung ist, wie Schiaparelli sehr richtig bemerkt, durchaus keine hypothetische — wofür sie mit Unrecht vielfach angesehen wird — sondern vielmehr das mathematische Resultat der an jenen Schweifen beobachteten Thatsachen. Unter der Voraussetzung, daß der Sitz jener Kraft im Sonnencentrum sei, und ihre Intensität im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnehme, fand Bessel aus seinen Beobachtungen des Halleyschen Kometen die Constante der Abstoßung gleich —1,812, also fast das Doppelte der allgemeinen Anziehung. Pape's Untersuchungen ergaben für den Hauptschweif des Donatischen Kometen, daß für diesen eine Attraction statt einer Abstoßung angenommen werden müsse und ihre Constante bestimmte er zu + 0,612. Dagegen ergab der secundäre und fast als geradlinigt von Bond und Winnecke beobachtete Schweif eine repulsive Kraft mit der Constanten — 5,317 (A. N. Nr. 342—346). Schließlich

haben die Unterſuchungen des Kometen von 1680 durch Schiaparelli gezeigt, daß die Möglichkeit, die Poſitionen des äußerſten Endes ſeines Schweifes darzuſtellen, gegeben iſt, indem die Einwirkung der Sonne auf die Theile des Kometen als vollkommen gleich Null angenommen wird.

Wir haben bis jetzt die Beziehungen der Sternſchnuppen zu den Kometen unterſucht, ich will nun mit Schiaparelli die Verwandtſchaft der Sternſchnuppen mit den Meteoriten näher beleuchten. Die Thatſache, daß man noch nie mit Sicherheit das Herabkommen einer Sternſchnuppe auf den Erdboden hat beobachtet, wird von Einigen als der größte Einwurf gegen die Identität dieſer mit den Meteoriten feſtgehalten, während hingegen Andere beide als ihrer Natur nach weſentlich identiſch betrachten.

Schiaparelli führt einige Fälle an, in welchen Sternſchnuppenſubſtanz den Erdboden erreicht haben ſoll. Der erſte gehört dem Jahre 1095 an und dem großen Sternſchnuppenregen zur Zeit des Concils zu Clermont. Der zweite Fall iſt berichtet von Haidinger (Wiener Sitzungsber. Bd. XLIV p. 373) und bezieht ſich auf ein am 31. Juli 1859 bei dem Schloſſe Montpreis in Steiermark beobachtetes Meteor. Dasſelbe ſchoß ziſchend aus der Luft herab, ganz mit der Geſchwindigkeit einer Sternſchnuppe, aber heller leuchtend Das Meteor fiel vor der Montpreiſer Kirche nieder auf feſten Sandboden, machte in denſelben eine kleine Höhlung von der Tiefe einer halben Nußſchale und verbrannte im Umfange eines Thalerſtückes den Boden. Das niedergefallene Object glühte noch 5 bis 8 Secunden lang. Es waren drei nußgroße Stücke nebſt ſtaub- oder ſandartiger Maſſe, mit einer ſchwarzen ſchlackenartigen Rinde überzogen.

Der dritte Fall wurde am 16. November 1859 Abends $8^1/_2$ Uhr zu Charleston in Süd-Carolina beobachtet. Die Masse ist von Shepard chemisch untersucht worden und fand derselbe eine mineralige und erdige Beschaffenheit mit etwas Kohle. Der Anblick der Meteorfragmente war von dem aller bekannten, organischen und unorganischen Körper verschieden (Am. Journ. of scienc. 1859 Septbr.)

Verschiedene andere Beispiele über aufgefundene Sternschnuppensubstanz habe ich in meinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung" (2. Auflage, Braunschweig 1871) mitgetheilt. Allein wenn auch solche Materie niemals mit Sicherheit als auf den Erdboden herabgekommen, sollte nachgewiesen werden können, so genügten zur Erklärung dieser Thatsache vollkommen diejenigen Umstände, welche wir bereits im Vorhergehenden kennen gelernt haben.

Der Unterschied der äußeren Erscheinung zwischen einer Sternschnuppe und einer Meteoriten niedersendenden Feuerkugel ist allerdings ein beträchtlicher. Allein von dem schweigsamen, augenblicklichen Glanze der Sternschnuppen, ihrem reinen klaren Lichte und ihrer strichartigen Bahn, bis zu den großen geschweiften, alles taghell erleuchtenden, Funken und Rauch aussendenden, mit Donnergetöse explodirenden Feuerkugeln, gibt es eine Menge Uebergangsformen und jene Meteore bilden nur die äußersten Punkte einer Skala.

Die detonirenden Feuerkugeln liefern nur in den seltensten Fällen Meteorite, obgleich nicht bezweifelt werden kann, daß stets mehr oder minder große Massen von der sandartigen Form bis zur Gestalt zentnerschwerer Felsen auf die Erde herabgekommen. Das Auffinden solcher Massen hängt aber von einer großen Zahl zufälliger Umstände ab.

Geht man die einzelnen Erscheinungen, welche die Feuermeteore liefern, durch, so findet man, daß weder die Detonation noch die Lichtintensität ein Kriterium zur generellen Unterscheidung derselben von den Sternschnuppen liefern kann. Die Detonationsphänomene hängen neben der Entfernung vom Beobachter auch von den Dichtigkeitsverhältnissen der Luft in den Höhen, wo das Meteor explodirt, ab, und bei der Lichtintensität sind wiederum neben der Entfernung die atmosphärischen Zustände an den einzelnen Beobachtungsorten von größtem Einflusse. Auch die Explosion der Meteore bietet kein unterscheidendes Merkmal zwischen Feuerkugeln und Sternschnuppen dar; denn man hat in der That bei den Meteorschauern des November explodirende Meteore gleichzeitig mit Sternschnuppen aus dem Löwen ausstrahlen gesehen. In meinem „Handbuch der Himmelsbeschreibung" habe ich Fälle angeführt, in welchen Feuerkugeln ohne Explosion verschwanden; anderseits darf man nicht vergessen, daß manche Sternschnuppen, die am Ende ihrer Bahn in Funken zersprühen, eben deßhalb von den Beobachtern als Feuermeteore oder Boliden, statt als gewöhnliche Sternschnuppen aufgezeichnet werden.

Den einzigen, einigermaßen scheinbar berechtigten Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen und der Meteorite, hat man darin finden zu können geglaubt, daß das Herabstürzen der Meteorite eine ganz andere Periode zeigt, als die Häufigkeit der Sternschnuppen. Dies ist eine Thatsache, welche durchaus nicht in Abrede gestellt werden kann, indem schon 1860 Haidinger fand, daß die Anzahl der Nachmittagsfälle jene der Vormittagsfälle um 40 Procent übertrifft. Die Zusammenstellungen von Jul. Schmidt ergeben für die jährliche Vertheilung der Meteoriten-Fälle:

	Meteoritenfälle	Detonationen	Schweife.
Januar	22	52	39
Februar	19	44	32
März	27	51	38
April	27	37	26
Mai	41	40	27
Juni	31	33	31
Juli	39	44	50
Auguſt	25	34	108
September	18	36	59
October	28	50	54
November	20	61	67
December	26	53	44

Hieraus erſieht man, daß das eigentliche Maximum für die Aërolithenfälle der Monat Mai iſt, um welche Zeit auch die Detonationen am häufigſten vorkommen, während die Schweife am ſeltenſten ſind. „Es will ſcheinen," bemerkt Schmidt, „daß der vollſtändigſte Verbrennungsproceß die häufigſten Schweife und die ſeltenſten Steinfälle bedingt."

Was nun die Urſache der für die Sternſchnuppen und Meteorite verſchiedenen periodiſchen Häufigkeit anbelangt, ſo muß man ſich erinnern, daß die Urſache der täglichen Variation der Meteorhäufigkeit in der Verbindung der Bahnbewegung der Erde mit ihrer täglichen Rotationsbewegung beſteht. Aus dieſen Gründen ſcheinen die den Apex umgebenden Theile eine zahlreichere Menge von Sternſchnuppen zu entſenden, als die entgegengeſetzten Regionen. Wäre die Atmoſphäre nicht vorhanden, ſo iſt nicht einzuſehen, weshalb das Gleiche nicht auch für die Meteoriten ſtattfinden ſollte; allein das Vorhandenſein der irdiſchen Lufthülle ändert den Effect ganz und gar. Nehmen

wir an, daß die Bahnen der Meteoriten Parabeln ſind, ſo wird die Fallgeſchwindigkeit in der Richtung des Apex zur entgegengeſetzten ſich verhalten wie 4,34 zu 1. Deshalb wird der Widerſtand der Atmoſphäre in einer von der Seite des Apex her herabfallenden Maſſe 4,34 × 4,34 alſo 19mal mehr Wärme erzeugen können, als in einer gleichen Maſſe, die von der entgegengeſetzten Seite her herabfällt, d. h. mit anderen Worten, die Urſache, welche die Auflöſung der Meteore in der Nähe des Apex veranlaßt, wirkt hier 19mal intenſiver, als in der entgegengeſetzten. Wenn alſo auch die Menge der Meteore um den Apex herum größer iſt, ſo iſt doch die Urſache, welche den weniger zahlreichen der entgegengeſetzten Seite ein Herabkommen auf den Boden geſtattet, überwiegend. Die Thatſache, daß bei den großen Sternſchnuppenfällen der Perſeiden und Leoniden nicht mehr Meteore zur Erde kommen als in ſonſtigen Zeiten, iſt durch die große Geſchwindigkeit dieſer Meteore, deren Radianten reſp. 40° und 10° vom Apex entfernt ſind, hinreichend erklärt. Dieſe beiden Meteorſchauer, ſagt Schiaparelli, ſtürzen auf die Erde mit ſolchem Ungeſtüm, daß die gänzliche Auflöſung ihrer Meteore in der Atmoſphäre, nicht gerade eine abſurde Annahme iſt.

Wenn dieſe Erklärung die Richtige iſt, ſo müſſen folgeweiſe diejenigen Meteorſchauer von kleiner Geſchwindigkeit mehr Meteorite liefern, als für die Epoche im Allgemeinen zu erwarten wäre. Ein ſolcher Fall tritt z. B. für diejenigen Sternſchnuppen ein, welche man als vom Biela'ſchen Kometen abſtammend hält, und die ſich in den erſten Tagen des December zeigen. In der That ſind die Tage in der erſten Hälfte des December durch zahlreiche Steinfälle ausgezeichnet und ſchon d'Arreſt hat (A. Nachr.

Nr. 1663) auf die Möglichkeit hingewieſen, daß dieſe Aërolithen von der Auflöſung der Biela'ſchen Kometen herſtammen.

Die bisher betrachteten Thatſachen ſprechen alſo ſämmtlich mehr oder minder deutlich für die Identität der Sternſchnuppen und Meteorite; dagegen findet man, daß in den Fällen, wo ein Meteorit in die Atmoſphäre eingedrungen iſt, und man ſeine Bahn hat zu berechnen vermocht, die abſolute Geſchwindigkeit desſelben größer war als die paraboliſche, daß ſich der Meteorit mithin in einer Hyperbel bewegte. Dieſe Thatſache führt dazu, die Meteorite bezüglich ihres Urſprungs in die Welt der Fixſterne zu verſetzen, denn Schiaparelli hat gezeigt, daß, wenn ein Himmelskörper aus den Fixſternräumen in den Bereich der Sonnenanziehung tritt und ſelbſt in das Innere unſeres Sonnenſyſtems eindringt, er eine entſchieden hyperboliſche Bahn beſchreiben muß. Die Kometen gelangen freilich auch aus den Tiefen des Weltenraumes zu uns, wie der etwas hyperboliſche Character der Bahnen einiger unter ihnen klar erweiſt; allein gleichzeitig läßt uns, wie Schiaparelli ſcharfſinnig hervorhebt, die faſt paraboliſche Geſtalt des von ihnen beſchriebenen Kegelſchnittes erkennen, daß unter der unermeßlichen Zahl der Körper, welche die Himmelsräume bevölkern, die Kometen eine Claſſe für ſich bilden, ausgezeichnet durch einen beſonderen Character, welcher ſie uns in derjenigen Bahngeſtalt zeigt, die für die anderen Körper, wie die Theorie erweiſt, die am wenigſten wahrſcheinliche iſt. Von einem aus den Sternenräumen kommenden Körper kann eine faſt paraboliſche Bahn nur dann beſchrieben werden, wenn die Geſchwindigkeit und die Richtung ſeiner Eigenbewegung faſt genau gleich der Geſchwindigkeit und der Richtung der Eigen-

bewegung der Sonne ſind. Hieraus zieht Schiaparelli den wichtigen Schluß, daß die Kometen unter den Sternen und den anderen nichtplanetariſchen Körpern ein beſonderes Syſtem bilden, deſſen Glieder ſämmtlich die Sonne bei ihrer Eigenbewegung durch die Himmelsräume begleiten. Sie ſehen alſo hier eine Ausdehnung unſeres Sonnenſyſtems, die wir bis vor Kurzem nicht ahnten; vielleicht, daß unſere Sonne mit anderen Fixſternen eine weite Bahn um einen innerhalb des Fixſternſyſtems liegenden Schwerpunkt beſchreibt, daß ſie zu einem Partialſyſteme gehört; vielleicht auch, daß ſie ſich als iſolirter Fixſtern um den allgemeinen Bewegungsmittelpunkt unſerer Sternſchicht bewegt.

Die Stellung der Kometen zum Sonnenſyſteme wird hier etwas anders als in der Cosmogonie, welche den Namen von Laplace an ihrer Stirne trägt. Der große franzöſiſche Geometer nahm die Kometen als unſerm Sonnenſyſteme urſprünglich fremde Weltkörper, als kleine von Sonne zu Sonne irrende Nebelmaſſen an. Nach Schiaparelli's Anſchauung dagegen ſind ſie mit unſerer Sonne verwandt und gleichen Urſprungs. Doch darf man nicht vergeſſen, daß Schiaparelli das Wort Urſprung hier auf Zuſtände bezieht, die nothwendigerweiſe ſehr weit vor denjenigen liegen, von welchen Laplace ausging, um die Ballung der einzelnen Planeten zu erklären. „Nach der Hypotheſe von W. Herſchel," ſagt Schiaparelli, „über die Bildung der Sternwelt vermittels der verdichteten Nebelmaterie, kann man ſich die Thatſachen leicht durch die Vorausſetzung erklären, daß in jeder mit paralleler und gleicher Bewegung im Raume begabten Gruppe, alle Geſtirne bei ihrem Urſprunge einem und demſelben Theile der Nebelmaſſe angehörten, deſſen urſprüngliche Bewe-

gung auch nach erfolgter Concentration zu einer mehr oder weniger großen Anzahl von Körpern, fortgesetzt wurde. Ein solcher Theil der Nebelmasse würde die gemeinsame Mutter des Sonnensystems, der Kometen und möglicherweise auch anderer Himmelskörper gewesen sein."

Wenn die Eigenbewegungen der Kometen bei ihrem Ursprunge genau gleich und parallel der Eigenbewegung der Sonne gewesen wären, so hätten die sich ihr nähernden Kometen nothwendig in gerader Linie nach dem Sonnenmittelpunkte hin fallen müssen. Da ein Beispiel dieser Art noch nicht beobachtet worden ist, so müssen wir schließen, daß die Gleichheit und der Parallelismus der Eigenbewegungen nur annähernd stattfinden, vielleicht weil bereits die anfänglichen Bewegungen so waren, vielleicht auch in Folge vielfacher Störungen, welche die Kometen auf ihren langen, einsamen Bahnen jährlich erleiden. Ordnet man die Kometen nach ihren kleinsten Entfernungen von der Sonne, so findet man, daß die großen Axen derjenigen Kometen, welche die kleinsten Perihel-distanzen haben, sich mit großer Uebereinstimmung um einen Punkt von 72° Rectascension und 48° nördl. Declination in der Nähe des hellen Sternes Capella gruppiren. Diese Thatsache scheint zu dem Schlusse zu führen, daß sich in der Richtung nach diesem Sterne ein System von Massen befindet, die sich mit einer fast genau gleichen Richtung und Geschwindigkeit wie unsere Sonne bewegen. „Die Sonne könnte auch möglicherweise ein Theil dieses Systemes und vielleicht excentrisch in diesem gelegen sein, so daß das Centrum oder der größere Theil des Systems sich uns in der erwähnten Richtung zeigte: hierdurch würde es auch verständlich, warum alle oben erwähnten Bahnen nicht einzig und allein von dieser

Richtung kämen, ſondern nur in größerer Menge um ſie herum zuſammengedrängt ſeien."

Während wir alſo in den Kometen verwandte Körper, die mit unſerer Sonne aus dem gleichen Urnebel gebildet ſind und die ſie auch auf ihrer cosmiſchen Bahn begleiten, zu erblicken haben, würden wir in den Meteoriten, die in hyperboliſchen Bahnen zu uns kommen, die eigentlichen Fremdlinge aus der Sternenwelt zu erkennen haben.

Wenn man aber die merkwürdig übereinſtimmende mineralogiſche Zuſammenſetzung der Meteorite betrachtet, die gleichförmige Structur dieſer Maſſen, wodurch ſie uns, wie Schiaparelli bemerkt, faſt wie Mineralien desſelben Berges oder desſelben Bergwerks erſcheinen, ſo kommt man leicht in die Verſuchung, mit Lawrence Smidt und Stanislaus Meunier an einen gemeinſamen Mutterkörper der Meteorite zu denken, deſſen Trümmer die aërolithiſchen Maſſen ſind. Die Schwierigkeiten, welche eine exakte geometriſche Unterſuchung einer ſolchen Annahme entgegenſtellt, hat Schiaparelli klar nachgewieſen; die hyperboliſchen Bahnen müßten unter dieſer Vorausſetzung das Reſultat bloßer Beobachtungsfehler ſein und man müßte die Meteorite dann doch immer noch mit den Sternſchnuppen identificiren. Wenn man dagegen an dem ſtellaren Urſprunge der Meteorite feſt hält, ſo fällt jede Schwierigkeit fort, wenn man nicht etwa die ungeheure Gleichförmigkeit des Weltenſtoffes zu einer Schwierigkeit machen, d. h. dieſelbe läugnen wollte. Nun hat aber die Spectralanalyſe uns ſchon überraſchende Einblicke in die ſtoffliche Verwandtſchaft aller leuchtenden Himmelskörper thun laſſen, und wer wollte behaupten, daß die Annahme einer noch bedeutenderen ſtofflichen Uebereinſtimmung der geballten Weltmaterie ungereimt ſei? Die

Meteorite kommen aus den verschiedensten Regionen des Weltenraumes zu uns und haben im Einzelnen gewiß sehr verschiedenartige Schicksale erlebt. Wenn wir daher auch die mineralogische Zusammensetzung derselben unter einander äußerst ähnlich finden, so besitzen doch gewisse Meteorsteine wiederum Eigenthümlichkeiten, welche ihrer individuellen Existenz anhaften. Diese Eigenthümlichkeiten sind: hoher Wasserstoff- oder Kohlenstoffgehalt. Solche Massen haben neben der allgemeinen Geschichte der Meteorite eine eigene, interessante Geschichte, von deren Existenz wir nun Kunde haben, die aber für uns vorvorläufig noch in Hieroglyphen geschrieben ist.

VI.

Daß die ganze Welt nicht um des Menſchen willen vorhanden iſt, iſt eine Wahrheit, die heutzutage nicht dem philoſophiſchen Kopfe allein einleuchtet. Der Menſch, ſo groß und erhaben er in ſeiner Intelligenz, mit ſeinem, die entlegenſten Regionen des Weltraumes durchleuchtenden Verſtande, über der lebloſen Materie und ſelbſt über dem höchſtorganiſirten Thiere daſteht, iſt dennoch mit nimmer löslichen, ſchweren Feſſeln an die träge Materie gebannt, er iſt der Sclave des Stoffes, deſſen Anziehung er gehorchen muß. Mit der Erde muß er tagtäglich um deren Axe rotiren, mit ihr muß er in jährlicher Bahn die Sonne umkreiſen, und mit dem ganzen Planetenſyſteme iſt er gezwungen durch den Weltraum zu jagen. Weder ſeine Intelligenz noch ſein Wille kann ihn dieſem Zwange entheben. In dieſem Sinne mag man nun auch von einem Weltbürgerthume des Menſchen reden, von einem Unterworfenſein unter das Geſetzmäßige der beherrſchenden Unermeßlichkeit der Materie; in anderer Art ſehe ich Nichts, was zu der Annahme eines ſolchen Weltbürgerthums des Menſchen berechtigen könnte. So weit ich dies beurtheilen kann, hat das Daſein des Menſchengeſchlechtes keinerlei Be-

ziehung zur Existenz der Welt als solcher, außer, daß es nicht sein könnte, wenn diese nicht vorher bereits wäre. Aber der Himmel, der sich über unserem Haupte wölbt, würde sich auch über dem Punkte, den der Beobachter einnimmt, ausspannen, wenn das Menschengeschlecht nicht existirte, wenn die Erde mit der Sonne und allen Planeten urplötzlich in ein Nichts versinken könnten. Freilich wird für uns, subjectiv, die Existenz des ganzen Weltenbaues verschwinden müssen, sobald unser eigenes Bewußtsein aufgehoben ist; allein objectiv existirt der Weltbau deshalb um nichts weniger, da er ja auch gegenwärtig von seiner Existenz nichts wissen kann. Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, daß der Erdball vor dem Menschengeschlechte da war, und zwar in der nämlichen Abhängigkeit vom mütterlichen Sonnenkörper, in der wir ihn heute erkennen; es ist auch leicht zu begreifen, daß die Erde die Existenz des Menschengeschlechtes überdauern muß, weil dieses nicht ohne sie existiren kann. Würde die Erde unmittelbar an die Oberfläche der Sonne gerückt, so müßte sie von dieser 46000mal stärker erleuchtet und erwärmt werden, als gegenwärtig der Fall ist; entfernte sie sich dagegen bis zur Bahn des Neptun, so würde die Lichtstärke und Wärmeintensität der Sonne an ihrer Oberfläche nur Ein Tausendstel der gegenwärtig statthabenden sein. Beide Zustände würden den Untergang des Menschengeschlechtes mit zwingender Nothwendigkeit nach sich ziehen. Sonach erscheint also die Existenz des Menschengeschlechtes wie es ist, durchaus gebunden an diejenige cosmische Stellung, welche die Erde gerade besitzt. Es ist sicherlich mehr als blos ein schöner Gedanke, das ganze Weltall bis in die entlegensten Fernen des Raumes mit lebendigen und denkenden Wesen zu bevölkern, wenn auch diese Idee nicht

der Schärfe einer geometriſchen Beweisführung zuläſſig iſt. So viel ſcheint aber gewiß zu ſein, daß die lebenden und denkenden Weſen im ganzen weiten Reiche der Schöpfung nicht gerade Menſchen ſind wie wir Bewohner des drittnächſten Planeten bei der Sonne. Die Form iſt ſicherlich auf den verſchiedenen Weltkörpern der verſchiedenen Syſteme und ſogar auf den einzelnen Planeten eines und desſelben Syſtems eine verſchiedene; dagegen möchte ich behaupten, daß das Denken allenfalls in gleicher Weiſe ſich vollzieht, wenn auch nicht in gleicher Tiefe, Ausdehnung oder Intenſität, wenn man will. Denn das muß man feſthalten, daß die Tiefe des Denkens, der Grad der Denkkraft, wenn ich mich ſo ausdrücken darf, durch ſehr verſchiedenartige äußere Verhältniſſe bedingt erſcheint, als da ſind Bau des Gehirns, Summe des Wiſſens und der Erfahrung, körperliche Conſtitution u. ſ. w., nicht ſo die Folgerichtigkeit des logiſchen Denkens an und für ſich. Von zwei denkenden Menſchen, deren Intelligenz eine ſehr verſchiedene iſt, wird der eine über einen gewiſſen Gegenſtand noch folgerichtig denken können, der dem andern unfaßlich iſt, weil er bereits die Grenze ſeines Verſtandes überſteigt, dagegen werden beide richtige, und bei völlig richtigem Denken auch völlig identiſche Schlüſſe ziehen über ein Denkobject, deſſen geiſtige Erfaſſung innerhalb ihrer beiderſeitigen Sphären der Intelligenz fällt. So verhält es ſich aller Wahrſcheinlichkeit nach auch für den ganzen Weltraum. Die Folgerichtigkeit des Denkens an ſich, die Logik des Verſtandes, iſt für das ganze Univerſum die nämliche, aber der Grad der Ausbildung desſelben wird für die einzelnen Weltkörper jedenfalls ein äußerſt verſchiedener ſein. Wer vermag es zu ſagen, wo die höchſte Intelligenz denkender Weſen im Univerſum anzutreffen iſt?

Ob auf der Erde, ob auf dem Jupiter oder auf einem der Planeten, welche den Stern Capella umkreiſen, oder den Sirius oder endlich irgend einen andern Fixſtern? In dieſer Beziehung iſt allem menſchlichem Forſchen eine unüberſteigliche Grenze geſetzt, ja man wagt nicht einmal eine Hypotheſe darüber aufzuſtellen. Alles was man in dieſer Beziehung behaupten kann, iſt, daß kein Grund zu der Annahme vorliegt, es habe das Menſchengeſchlecht den höchſten Grad der Intelligenz unter allen denkenden Weſen im ganzen Univerſum erreicht. Mit der Erkenntniß dieſer Wahrheit iſt nun aber bereits ein großer Schritt weiter geſchehen. Wir betrachten jetzt den ſternbeſäeten Himmel als einen Theil des Raumes, der mit Weltkörpern erfüllt iſt, auf denen ſich Weſen ihres Daſeins freuen, die zum Theile wenigſtens, uns an Verſtand und Geiſt überragen, mag ihre körperliche Bildung auch immerhin von der unſerigen abweichen. Wir wiſſen jetzt, daß nicht allein von unſerer kleinen Erde aus die Tiefen des Weltraumes durchforſcht und ergründet werden, ſondern daß dies zweifellos auch von anderen Planeten aus geſchieht, von Himmelskörpern aus, die für uns vielleicht nie eine Spur ihres Daſeins verrathen werden. Wir begreifen, daß nicht irdiſche Augen allein es ſind, welche Strahlen unſerer Sonne empfangen, ſondern auch denkende Weſen tief im Raume ihre Blicke bisweilen auf unſer Tagesgeſtirn heften, das ihnen freilich nur als glänzender Fixſtern erſcheint, und wir können vermuthen, daß bei ſolchem Anblicke mancher Bewohner eines entlegenen Sternes ſehnſüchtig wünſcht, tiefer einzudringen in die heimathlichen Zuſtände unſeres Sonnenſyſtems, ohne Ahnung von unſerem Daſein und dem Wunſche, der ſich in den Verſen des Dichters ausſpricht:

„Funkle, funkle, ſchöner Stern,
Was du biſt, wie wüßt' ichs gern!"

Wenn ich eben gesagt habe, daß eine gewisse nicht geringe Wahrscheinlichkeit dafür spreche, das ganze Weltall sei bis in die entlegensten Fernen von lebendigen und denkenden Wesen bevölkert, so ist dies natürlich nicht so aufzufassen, als existirten auf jedem Weltkörper ohne Ausnahme in jedem gegebenen Augenblicke lebende Wesen, überhaupt organisirte Körper. In der That hat die Spectralanalyse gezeigt, daß die Fixsterne und die Nebelflecke glühende Weltkörper, ja reine Gasmassen sind, und es wäre nur eine völlig haltlose Aufeinanderpfropfung von Hypothesen, wenn man nichtsdestoweniger jene Himmelskörper zu Wohnstätten lebender Wesen machen wollte, die so organisirt wären, daß sie den furchtbaren Temperaturen Widerstand zu leisten vermöchten, die wir bei den Fixsternen und Nebelflecken voraussetzen müssen. Diese Körper befinden sich vielmehr wahrscheinlich in vorbereitenden Zuständen für die Aufnahme lebender Wesen und sie dienen während dieser Zeit durch Aussendung von Licht und Wärme zur Unterhaltung des organischen Lebens an der Oberfläche derjenigen Gestirne, welche bereits erkaltet sind.

Auch von den Kometen können wir nicht wohl annehmen, daß sie mit lebenden Wesen bevölkert sind, so ausgezeichnet gut diese Körper auch immerhin situirt sein mögen, um von ihnen aus den Bau des Himmels zu erforschen. Die Kometen scheinen nun einmal keine Weltkörper, welche sich zu Wohnsitzen lebendiger Wesen eignen, zu sein, sie nehmen eine ganz besondere Stellung im Weltenplane ein, und zwar eine Stellung, die für uns noch sehr viel räthselhaftes hat. Wie vorsichtig man aber in solchen Schlüssen sein muß, durch die man einem Weltkörper die Existenz organischer Bildungen an seiner Oberfläche abspricht, lehren die Meteorite, die zwar eine sehr

nahe Verwandtschaft mit den Kometen besitzen, aber sich doch von diesen wiederum in wesentlichen Merkmalen unterscheiden. In der That hat man einige wenige Meteorite gefunden, bei denen die chemische Analyse die Existenz von organischer Materie nachgewiesen hat, freilich in Gestalt von Kohle, da die große Hitze vor dem Explodiren der Meteorite jede organische Struktur zerstört. Der jüngste dieser Aërolithe ist derjenige, welcher am 14. Mai 1864 bei dem Dorfe Orgueil in Frankreich niederfiel. Man hat im ganzen etwa zwanzig Fragmente dieses Meteorsteins gefunden, von der Größe eines Kopfes bis zu der einer Faust. Dieselben sind auch dadurch merkwürdig, daß man an der schwarzen Rinde deutlich unterscheiden kann, wie alle diese Fragmente ursprünglich nicht einem einzigen Körper angehört haben, sondern verschiedene davon selbstständige Begleiter der Hauptmasse waren. Der Chemiker Cloëz hat zuerst nachgewiesen, daß dieser Meteorit 7,41 Huminsubstanz enthält, und übereinstimmend damit fand Pisani, der sich vielfach mit der chemischen Untersuchung der Meteorite beschäftigt, 13,89 Wasser und organische Materie in dem Aërolithen. Nach Cloëz enthält die Huminsubstanz in 100 Theilen

63,45 Kohlenstoff
5,98 Wasserstoff
30,57 Sauerstoff.

Noch deutlicher hat der am 15. April 1857 bei Kaba, südwestlich von Debreczin, gefallene Meteorstein sich als Träger eines organischen Gebildes verrathen. Seiner Zusammensetzung nach besteht dieser Stein hauptsächlich aus Kieselsäure, Eisenoxydul, Magnesia und Thonerde, Magnetkies, Eisen und Nickel und etwas Kupfer; allein Wöhler fand bei höchst sorgfältiger Untersuchung, daß

der Stein auch eine geringe Menge einer farbloſen, nicht deutlich kryſtalliniſchen Subſtanz enthalte, die beim Erhitzen in einer Röhre ſchmolz und dann unter Verkohlung ſich zerſetzte, beim Erhitzen an der Luft ſich aber in weißen Dämpfen verflüchtigte. Auch bei ſpäteren Verſuchen konnte ſich derſelbe berühmte Chemiker mit voller Sicherheit überzeugen, daß dieſer Meteorit außer freier Kohle eine kohlenſtoffhaltige Subſtanz enthält, welche ſich mittels ſiedenden Alkohols ausziehen läßt, leicht ſchmelzbar iſt, mit ſogenannten Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Aehnlichkeit zu haben ſcheint, und unzweifelhaft organiſchen Urſprungs, vielleicht nur ein Reſt urſprünglich in dem Meteoriten enthaltener und in dem Momente der Feuererſcheinung unter Abſcheidung von Kohle zerſetzter organiſcher Subſtanz iſt.

Wir haben alſo bei gewiſſen Aërolithen die unvermuthete Erſcheinung vor uns, daß ſich organiſche Materie an der Oberfläche dieſer cosmiſch kleinſten Fragmente angeſiedelt hat und finden darin eine wichtige Stütze der Anſicht, daß organiſche Materie nicht auf unſere Erde allein beſchränkt, ſondern im ganzen Weltenraume anzutreffen ſein wird. Freilich müſſen allenthalben die Organismen ihrem Wohnort angepaßt ſein und wenn auch unſer Urtheil in dieſer Hinſicht beſchränkt iſt, weil wir nur nach Analogie unſerer irdiſchen Verhältniſſe urtheilen können, ſo kann man doch nicht in Abrede ſtellen, daß da, wo für irdiſches Leben die Möglichkeit gegeben wäre, zu exiſtiren, dieſe Möglichkeit ſich thatſächlich realiſirt findet. Von dieſen Geſichtspunkten aus hat die Erforſchung der Weltſtellung derjenigen Himmelskörper, die wir wegen ihrer Nähe genauer kennen zu lernen vermochten, nämlich der Planeten, ein bedeutendes Intereſſe. Von der Sonne

kann man hierbei füglich Abſtand nehmen, denn nach dem, was wir gegenwärtig über ihre phyſiſche Conſtitution wiſſen, müſſen wir ſchließen, daß ſie in den Stadien der Entwicklung, welche ſie ſeit Anfang bis heute durchlaufen hat, ſelbſt kein organiſches Leben an ihrer Oberfläche beherbergen, ſondern nur dazu beitragen konnte, die organiſche Entwicklung auf den ſie umkreiſenden Planeten zu befördern und zu erhalten.

Indem wir von der Sonne zu den Planeten herabſteigen, treffen wir zuerſt auf den Merkur.

Dieſer Planet ſteht in ſeiner mittleren Entfernung 7,800000 Meilen von der Sonne ab, allein wegen ſeiner beträchtlich elliptiſchen Bahn kann er ſich dem Sonnenmittelpunkte bis auf $6^1/_3$ Millionen Meilen nähern und nahe $9^1/_3$ Millionen Meilen davon entfernen. Wenn er in ſeinem Perihel der Sonne am nächſten iſt, ſo erblickt er dieſe als eine $10^1/_2$mal größere Scheibe, wie dieſelbe der Erde erſcheint, und ſelbſt in ſeiner größten Entfernung ſieht ein Auge auf dem Planeten die Sonne noch immer $4^1/_2$mal größer, als dies von der Erde aus der Fall iſt. In dem nämlichen Verhältniſſe ſteht auch die Erleuchtung, die der Planet Merkur von der Sonne empfängt, zu derjenigen, welche die Erde erhält. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Erleuchtungsverhältniſſe, wie ſie für den Planeten Merkur ſtattfinden, für unſere Augen nicht eben als paſſend bezeichnet werden können, oder es müßte eine dichte Atmoſphäre den Glanz des Sonnenlichtes beträchtlich abblenden. Man kann annehmen, daß bei einer 4- bis 5mal größeren Dichte und Höhe unſerer Atmoſphäre etwa $^9/_{10}$ des Sonnenlichtes beim Durchgange durch dieſe Luftſchichte abſorbirt würden. Wenn demnach Merkur von einer ſolchen Atmoſphäre

umgeben wäre, so würde das Sonnenlicht an seiner Oberfläche die nämliche Intensität besitzen, wie auf der Erde. Den Beobachtungen zufolge wird der Planet Merkur in der That von einer Atmosphäre umhüllt, welche eine nicht unbedeutende Dichte und Höhe besitzt. Dieses Resultat folgt am sichersten aus der von mehreren Beobachtern constatirten Thatsache, daß die Grenzlinie des erleuchteten Theiles, wenn Merkur sichelförmig erscheint, minder hell ist, wie die übrigen Punkte der glänzenden Scheibe; dann auch aus den Beobachtungen von Beer und Mädler, wonach die Breite der Merkursichel geringer ist, als sie der Berechnung nach sein sollte.

Was die Wärmemenge anbelangt, welche die Sonne dem Planeten Merkur zusendet, so ist sie in demselben Verhältnisse bedeutender, als auch die Erleuchtung dort diejenige auf unserer Erde übertrifft. Indeß läßt sich über die Erwärmung der Oberfläche dieses Planeten hieraus kein Urtheil fällen, weil diese von der Dichtigkeit und Reinheit der Merkuratmosphäre und von der Fähigkeit der Materie auf jenem Planeten, erwärmt zu werden, abhängt. Wir können nur sagen, daß unsere Erde, wenn sie in die Entfernung des Merkur von der Sonne gerückt würde, fast sieben Mal stärker durch die Sonne erwärmt würde, als gegenwärtig der Fall ist. Das Resultat hievon würde sein, daß sich ein äußerst beträchtlicher Theil der heute an der Erdoberfläche befindlichen Wassermassen in Gestalt von Wasserdämpfen in die Atmosphäre erheben und an gewissen Punkten als wahrhaft sündfluthartiger Regen niederschlagen würden, um in den heißen Regionen abermals in Dampf verwandelt zu werden und denselben Kreislauf zu wiederholen. Die äquatorealen Gegenden würden unter der furchtbaren Gluth der Sonne für alle

organiſchen Weſen geradezu unbewohnbar, während die Polargegenden heiße Sommer und kaum weniger kalte Winter als gegenwärtig haben würden. —

In Bezug auf ſeine Größe, weicht der Planet Merkur beträchtlich von der Erde ab, denn ſein Durchmeſſer beträgt nur 644 Meilen, ſeine Oberfläche alſo 1,300000 Quadratmeilen und ſein körperlicher Inhalt 132,000000 Kubikmeilen. Der mittlere Erddurchmeſſer dagegen beträgt 1717 Meilen, die ganze Erdoberfläche umfaßt 9,260000 Quadratmeilen und das Volumen 2650000000 Kubikmeilen. Der körperliche Inhalt der Erde übertrifft daher denjenigen des Merkur mehr als 20mal, allein da dieſer Planet im Durchſchnitt 1,56mal dichter iſt, als die Erde, ſo iſt das Gewichtsverhältniß beider wie $12^1/_3 : 1$, oder wenn man die Erde auf die eine Schale einer Wage legen könnte, ſo würde man in die andere mehr als 12 Kugeln von der Größe und Dichte des Merkur legen müſſen, um Gleichgewicht zu erhalten.

Nichtsdeſtoweniger dreht ſich die kleinere Merkurkugel langſamer um ihre Axe als die Erde. Die Aſtronomen Schröter und Harding haben gefunden, daß die Geſammtdauer von Tag und Nacht auf dem Merkur 24 Stunden 5 Minuten beträgt. Ferner ſoll nach Schröter der Winkel zwiſchen dem Aequator des Merkur und der Bahnebene dieſes Planeten 20 Grad betragen. Wenn dieſe Angabe richtig iſt, ſo iſt das Verhältniß der Jahreszeiten dort demjenigen auf unſerer Erde ziemlich gleich, ebenſo jenes der Tageslängen für die verſchiedenen Epochen des Jahres und für die einzelnen Punkte der Merkuroberfläche. Aber die Dauer des ganzen Jahres ſowohl wie der einzelnen Jahreszeiten iſt dort weit kürzer, indem Frühling, Sommer Herbſt und Winter

nur je drei Wochen dauern. Wegen dieſer kurzen Dauer der Jahreszeiten würden ſehr viele unſerer Pflanzen auf dem Planeten Merkur nicht zur vollſtändigen Entwicklung gelangen können. Wollte man für die Lebensdauer der angenommenen Bewohner dieſes Planeten dasſelbe relative Alter annehmen, wie für die Bewohner der Erde, nämlich die Zeitdauer von durchſchnittlich 50 oder 60 Umlaufsperioden des Planeten (oder Jahre), ſo würde das Leben eines Merkurbewohners nicht mehr als $12^1/_2$ bis 15, im höchſten Falle 25 unſerer Erdenjahre umfaſſen. Indeß iſt eine ſolche Annahme eine rein willkürliche, da wir nicht die geringſten Anhaltspunkte für die Begründung derſelben beſitzen. Wegen der geringen Maſſe des Planeten iſt die Intenſität der Schwerkraft an ſeiner Oberfläche beträchtlich geringer als auf der Erde, ſie beträgt nur $^3/_5$ der letzteren und der Fallraum in der erſten Secunde iſt 8,7 pariſer Fuß, die Länge des einfachen Secundenpendels 1,8 pariſer Fuß. Der Nachtſeite des Merkur erſcheinen der nächſtfolgende Planet Venus und auch noch die weiter entfernte Erde als herrlich glänzende Geſtirne. In günſtiger Oppoſition, wenn der Planet Venus um Mitternacht für einen Beobachtungsort auf dem Merkur durch den Meridian geht, erſcheint er dort unter einem Winkel von 68″ und die Erleuchtung des Merkur durch die Venus iſt dann nur 600mal ſchwächer als die Erleuchtung unſerer Erde durch den Vollmond.

Im Ganzen genommen weiß man nur wenig von den Eigenthümlichkeiten des ſonnennahen Merkur; aber wie vieles wieder, wenn Sie es mit dem vergleichen, was die Natur uns davon unmittelbar offenbarte! In dem funkelnden Lichtpunkte, der Abends dem niederſinkenden Tagesgeſtirne folgt, oder im Voraus, mit der Morgenröthe

emporſteigt, den verſchiedene Völker des Alterthums als Gottheit anbeteten, hat der himmelſtürmende Verſtand des Erdenbewohners einen Weltkörper erkannt, ähnlich dem, worauf er ſelbſt ſich befindet; er hat eine Atmoſphäre und Gebirgserhebungen dort wahrgenommen und das Geſtirn nach ſeiner Ausdehnung gemeſſen und nach ſeinem Gewichte wie auf einer Wage gewogen!

Der Planet Venus zeigt in mehrfacher Hinſicht eine große Aehnlichkeit mit unſerer Erde. An Größe und Maſſe iſt er ihr faſt vollkommen gleich, ſo daß die Dichtigkeiten, Fallhöhen und Pendellängen an den Oberflächen beider Weltkörper nur wenig von einander verſchieden ſind. Auch die Umdrehungsdauer der Venus um ihre Axe iſt nicht ſehr von derjenigen der Erde verſchieden, denn ſie beträgt 23 Stunden 21 Minuten 22 Secunden. Gebirge von mäßiger Höhe und eine klare, nur ſelten von größeren Wolkenmaſſen erfüllte Atmoſphäre, deren Dichtigkeit etwas größer iſt als diejenige der Erde, zeichnen dieſen Planeten aus. Die Sonne erleuchtet denſelben im Durchſchnitt mit etwa der doppelten Lichtmenge, welche die Erde erhält. Die Erde ſelbſt erſcheint für die Nachtſeite der Venus bei günſtiger Oppoſition in beträchtlichem Glanze. Sie erleuchtet alsdann dieſen Planeten blos etwa 800mal ſchwächer als ihre eigene Nachtſeite durch den Vollmond erleuchtet wird. Die Jahresdauer für den Planeten Venus iſt um mehr als ein Drittel kürzer als für die Erde, ſie umfaßt 224,7 unſerer Tage oder 230 Venustage.

Wenn wir von den phyſiſchen Verhältniſſen des Planeten Venus verhältnißmäßig nur wenig wiſſen, ſo iſt dies dem Umſtande hauptſächlich zuzuſchreiben, daß dieſer Weltkörper uns dann, wenn er der Erde am nächſten iſt, ſeine Nachtſeite zuwendet und überhaupt durch ſeine große

Nähe bei der Sonne für Beobachtungen seiner individuellen Natur wenig geeignet ist. Für den ersten der oberen Planeten, d. h. derjenigen, deren Bahnen die Erdbahn umschließen, gestalten sich die Verhältnisse weit günstiger.

Der Planet Mars kommt uns in günstiger Opposition bis auf 0,38 der Entfernung der Erde von der Sonne nahe, also bis auf $7^3/_5$ Millionen Meilen; er wendet dann der Erde seine volle beleuchtete Scheibe zu und gewährt uns die Möglichkeit, ihn mit starken Ferngläsern zu untersuchen. In der That kennt man auch von keinem der Hauptplaneten die Oberflächenverhältnisse so genau wie von diesem, und es gewährt einen eigenthümlichen Reiz, die Vertheilung des Starren und Flüssigen, der Continente und Meere auf dieser Weltkugel zu betrachten und mit den analogen Verhältnissen unserer heimischen Erde zu vergleichen. Mit Befriedigung erkennen wir, daß auch dort in der Vorzeit Wasserstoff und Sauerstoff zu derselben chemischen Verbindung zusammengetreten sind, die wir hier Wasser nennen, und daß diese oceanischen Wassermassen dort eben so gut wie in den langen Winternächten unserer Polargegenden zu ungeheuren Eismassen erstarren, deren weißlicher Schimmer in unseren Telescopen aus Distanzen von vielen Millionen Meilen noch deutlich erkennbar ist.

Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne beträgt 30,500,000 Meilen, doch kann er sich derselben auf $27^3/_5$ Millionen Meilen nähern und bis zu $33^1/_3$ Millionen Meilen von ihr entfernen. Die Bahn dieses Planeten weicht also beträchtlich vom Kreise ab, ihre Excentricität ist 0,09325. Die Erleuchtung des Mars durch die Sonne beträgt im Perihel 0,52, im Aphel 0,36

von derjenigen, welche der Erde zu Theil wird. Das Tageslicht ist also dort gegen die Helligkeit desselben auf unserer Erde schon beträchtlich gedämpft. Wenn die Sonne für einen Ort auf der Marsoberfläche im Scheitelpunkte steht, so erleuchtet sie die rings herum liegenden Gegenden so hell, wie bei uns, wenn sie nur noch etwa 20 bis 25 Grad über dem Horizonte steht. Ein Mensch, der von der Erde plötzlich auf den Planeten Mars versetzt würde, würde demnach den Unterschied der Tageshelligkeit sofort bemerken müssen und besonders beim Auf- und Untergange der Sonne müßte ihm deren Licht, welches in der sehr dichten Marsatmosphäre beträchtlich geschwächt wird, äußerst trüb und matt erscheinen.

Die tropische Umlaufszeit des Mars um die Sonne, also das Jahr dieses Planeten, umfaßt 686 Tage 22 Stunden 18 Minuten, nach Erdentagen gemessen.

Der wahre Durchmesser des Mars weicht nur unbedeutend von 900 Meilen ab, ist also nur wenig größer als der halbe Erddurchmesser, übertrifft aber den Durchmesser des Merkur etwa um die Hälfte. Die gesammte Oberfläche des Mars erreicht nicht $^3/_{10}$ der Erdoberfläche, sein körperlicher Inhalt ist kaum $^1/_7$ des Erdvolums und seine durchschnittliche Dichte ist $^7/_{10}$ von derjenigen unseres Planeten.

Die Marskugel dreht sich in der Richtung von West nach Ost in je 24 Stunden 37 Minuten 23 Secunden einmal um ihre Axe. Der Aequator des Mars ist gegen die Bahnebene dieses Planeten 27° 16′ geneigt. Der Unterschied der Jahres- und Tageszeiten ist daher für den Mars etwas ausgeprägter wie für die Erde. Das Marsjahr umfaßt 668 Marstage; dieselben vertheilen sich auf die Jahreszeiten wie folgt:

der Frühling dauert auf der nördl. Halbkugel 191 Marstage, auf der südl. 149 Marstage;
der Sommer dauert auf der nördl. Halbkugel 181 Marstage, auf der südl. 147 Marstage;
der Herbst dauert auf der nördl. Halbkugel 149 Marstage, auf der südl. 191 Marstage;
der Winter dauert auf der nördl. Halbkugel 147 Marstage, auf der südl. 181 Marstage.

Frühling und Sommer zusammengenommen, dauern daher auf der Nordhalbkugel des Mars 372 Tage, auf der südlichen Hemisphäre dagegen nur 296 Tage. Der Herbst und Winter der Südhalbkugel sind also 76 Tage oder mehr als $2^1/_2$ unserer Monate länger wie auf der Nordhälfte. Für den kürzeren Frühling und Sommer wird die Südhalbkugel zwar insofern entschädigt, als der Planet alsdann der Sonne am nächsten steht und die Sommerhitze sehr intensiv ist, dafür sind auch die beiden Jahreszeiten Herbst und Winter um so kälter, da sie mit der Sonnenferne zusammenfallen. Umgekehrt ist es mit der nördlichen Halbkugel des Planeten, sie hat ein langes, gemäßigtes Sommerhalbjahr und kurze gemäßigte Herbste und Winter. Man sollte nun zwar glauben, hierdurch fände im allgemeinen eine Compensation statt und jeder Halbkugel des Planeten komme durchschnittlich die gleiche mittlere Jahrestemperatur zu. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall. Die südliche Marshemisphäre ist vielmehr die überwiegend kühlere, wie die Beobachtungen der polaren Eiszonen des Planeten aufs klarste zeigen. Beer und Mädler haben im Frühlinge 1837, zu einer Zeit, wo die südliche Hemisphäre des Mars in ihrem Winter war, gefunden, daß die Eiszone des Südpols sich bis zum 55. Grade südlicher Breite, als eine zusammenhängende

weiße Masse erstreckte, es ist diese Ausdehnung, wenn man irdische Verhältnisse zum Vergleiche herbeizieht, analog einer Ausdehnung der nördlichen Eismassen unserer Erde bis fast zu den deutschen Nord- und Ostseeküsten. Wenn dagegen der heiße Sommer über die südliche Halbkugel des Mars heraufzieht, so schmilzt die Eisdecke, welche im Winter einen großen Theil dieser Hemisphäre verhüllt, äußerst rasch zusammen. Die genannten Astronomen haben gefunden, daß zu einer Zeit, welche für die Südhemisphäre des Mars etwa dem Juli unserer nördlichen Erdhalbkugel entspricht, die Grenze des Südpolarfleckes des Mars sich bis 87° s. Br. zurückzieht. Das Abschmelzen des Eises geht also hier äußerst schnell vor sich und in Folge dessen muß eine beträchtliche Menge von Wärme absorbirt werden, so daß im Allgemeinen das Klima der südlichen Halbkugel des Mars gemäßigt und feucht sein wird. Die Eiszone der nördlichen Hemisphäre dehnt sich niemals so weit aus als diejenige der südlichen, dafür schmilzt sie aber auch während des Sommers nicht so sehr zusammen, sondern behält stets einen Durchmesser von 12 bis 14 Graden der Marskugel, oder von etwa hundert deutschen Meilen. Im Jahre 1858 fand Secchi in Rom die Eiszonen des Mars in seinem großen Instrumente von einer ungemein dicken und zusammengerollten Form. Der römische Astronom macht darauf aufmerksam, daß zu der Zeit, wenn einer der Pole seinen Sommer hat, die vordem weißen Regionen eine rosige Farbe angenommen haben, während gewisse bläuliche Streifen nicht merklich ihre Form änderten. Man kann diese Beobachtung am ungezwungensten dahin erklären, daß zur Sommerszeit die Eiskolosse der betreffenden Hemisphäre zusammenschmelzen, und die eigentliche Oberfläche des Mars, welche einen

röthlichen Schimmer besitzt, sichtbar wird. Bei diesem beträchtlichen Aufthauen mit beginnendem Frühlinge muß selbstverständlich auch die Atmosphäre des Planeten in Mitleidenschaft gezogen werden, sie beladet sich mit Wasserdunst und die Durchsichtigkeit ist weit geringer wie im Sommer. In der That haben auch Beer und Mädler gefunden, daß die festen Oberflächentheile des Mars in ihrem Sommer am deutlichsten und reinsten erscheinen. Wenn die Wolken der Marsatmosphäre nicht größer sind und nicht mehr Zusammenhang unter einander besitzen, als diejenigen, welche in unserem Luftkreise existiren, so muß man auf eine Wahrnehmbarkeit derselben von der Erde aus verzichten. In der That sind bis jetzt auch nur in einigen wenigen Fällen Andeutungen wolkenartiger Gebilde auf der Marsscheibe sichtbar geworden. Dieselben zeigen sich als helle kleine Flecken, die fast den Glanz der Schneezonen erreichen. Hierdurch dokumentiren sich diese Wolken als völlig verwandter, ja identischer Natur mit denjenigen unserer Erde, indem das graue Gewölk, welches an trüben Wintertagen den ganzen Himmel bedeckt, thatsächlich sogar heller ist, als die reinste Schneedecke.

Neben den Schneezonen, welche die beiden Umdrehungspole umgeben, zeigt die Marsscheibe auch eine Vielzahl dunkler Flecken, die nichts anderes als continentale Massen und von helleren, Oceanen, umgeben sind. In merkwürdiger Uebereinstimmung mit der Vertheilung von Land und Meer auf unserer Erde, findet sich, daß auch auf dem Mars größere, zusammenhängende Festländer rings um den Nordpol lagern, während der Südpol mehr von oceanischen Becken umgeben ist, obgleich im Allgemeinen beide Hemisphären gleich viel Land und Wasser zu besitzen scheinen.

Dem bloßen Auge erscheint der Planet Mars sehr intensiv roth; im Fernrohre erblickt man die festen Oberflächentheile des Planeten von gelbrother Färbung. In dem Maaße, als ein Fleck durch die Rotation des Planeten dem Rande der Scheibe näher gebracht wird, erscheint er bleicher und verwaschener, bis er schließlich, noch ehe er den Rand erreicht, unsichtbar wird. Dieser Umstand allein schon beweist das Vorhandensein einer ziemlich dichten Atmosphäre, welche den Planeten umgibt, und die sich auch bei den spectroscopischen Untersuchungen als vorhanden gezeigt hat.

Als Huggins unter sehr günstigen atmosphärischen Umständen das Spectrum des Mars untersuchte, fand er zu beiden Seiten der Linie D vierzehn schwarze Linien, die mit denjenigen zusammenzufallen schienen, welche im Sonnenspectrum sichtbar werden, wenn die Sonne sich dem Horizonte nähert. Die Atmosphäre des Mars scheint daher ähnliche Gase und Dämpfe zu enthalten, wie die unserige. Die rothe Farbe dieses Planeten kann aber nicht von einer Absorption in der Marsatmosphäre herrühren, da das von den Polarregionen reflectirte Licht, welches doch offenbar einen größeren Weg in dieser Atmosphäre zurücklegt, rein weiß ist. Es bleibt nichts anderes übrig, als anzunehmen, daß die rothe Farbe der wahren Oberfläche des Planeten eigenthümlich ist. Zöllner hat die Lichtstärke des Mars in seinen Phasen untersucht und mit der theoretisch berechneten verglichen. Er findet, daß Unregelmäßigkeiten in dieser Lichtintensität vorkommen, die sich unter der Annahme von bedeutenden Bergerhebungen und eines mittleren Elevationswinkels der Marsberge von 76 Grad erklären lassen. Bei unserem Monde beträgt, ebenfalls nach Zöllner, der durchschnittliche Elevations-

winkel der Bergerhebungen 52 Grad. Nach allem zu urtheilen, was wir von dem Planeten Mars wiſſen, muß derſelbe eine ſehr große Aehnlichkeit mit unſerer Erde beſitzen, und es iſt mir wenigſtens ſtets ſehr wahrſcheinlich erſchienen, daß dieſer unſer Nachbarplanet mit ähnlichen organiſchen Weſen belebt iſt, wie unſere Erde auch. Dieſe könnten dort ſogar eine weit beträchtlichere Größe erreichen wie bei uns, denn die Schwere an der Oberfläche beträgt daſelbſt kaum $^2/_5$ von der auf der Erde ſtattfindenden, und die Fallhöhe in der erſten Secunde iſt auch nur $^2/_5$ der irdiſchen. Was hindert uns überhaupt anzunehmen, daß wir neben den Bewohnern des Mars uns wie Zwerge ausnehmen würden? Die Meinung, daß die größten Planeten auch von den größten Geſchöpfen bevölkert ſein müßten, hat gegenüber der entgegengeſetzten nur eine äußerſt geringe Wahrſcheinlichkeit. Denn auf einem großen maſſigen Planeten iſt auch die Schwere an der Oberfläche ſehr beträchtlich; auf dem Jupiter z. B. würde ein Erdenbewohner unter der Laſt ſeines eigenen Körpers kaum fortkommen können und auf der Sonne ſogar unter einem Gewichte von 30 Centnern erliegen. Wenn dagegen, wie Schwabe vermuthet, auf dem Monde ſtellenweiſe eine beträchtliche Vegetation herrſcht, ſo würde wenigſtens in Rückſicht auf die Schwerkraft nichts hindern, nach Analogie unſerer Erde dort Bäume von 900 bis 1200, ja bis 2000 Fuß Höhe anzunehmen, denn die Schwere iſt an der Oberfläche des Mondes etwa 6mal geringer als an der Erdoberfläche, und auf letzterer hat man in Californien und Auſtralien Baumrieſen gemeſſen, deren Höhe über 350 Fuß beträgt.

Jenſeits des Planeten Mars treffen wir auf die große, noch immer nicht ganz entdeckte Schaar der Pla-

netoiden oder kleinen Planeten. Sie bewegen sich in vielfach verschlungenen und gegeneinander geneigten Bahnen um die Sonne innerhalb einer Zone, deren Breite den Abstand des Planeten Mars von der Sonne um 9 Millionen Meilen übertrifft. Es ist eine merkwürdige Stellung, welche diese Miniaturplaneten im Sonnensysteme einnehmen. Ihre Bahnen sind durchschnittlich stark abweichend vom Kreise und gegen die Erdbahn beträchtlich geneigt, dabei aber so in einander verschlungen, daß, wenn man sie sich durch ein körperliches Modell in Form von Reifen vorgestellt denkt, die ganze Gruppe herausgehoben wird, wenn man einen dieser Reifen heraushebt. Die Entstehung dieser Weltkörper und ihrer sonderbaren Bahnen kann nach der Laplace'schen Theorie nicht unmittelbar wie diejenige der andern Planeten dargestellt werden. Vielmehr muß man sich vorstellen, daß ein Nebelring, der sich von der Urmasse abtrennte und die Stelle der heutigen Planetoidenzone einnahm, unter der Anziehung des mächtigen Jupiter in viele einzelne Stücke zerfiel, die wir jetzt als Planetoiden wiederfinden. Olbers hat bekanntlich, bald nach Auffindung der ersten kleinen Planeten die kühne Hypothese aufgestellt, diese Weltkörperchen seien Bruchstücke eines ehemaligen größeren Planeten, der durch eine gewaltige Katastrophe in mehre Theile zerstückelt worden, welche nun als gesonderte Planeten ihre Bahnen beschrieben. Ist aber eine solche Katastrophe überhaupt möglich? Ich wage diese Frage nicht definitiv zu beantworten und will nur so viel bemerken, daß sie jedenfalls äußerst unwahrscheinlich ist. Es ist schwer einzusehen, wie ein Planet durch innere Kräfte, also jedenfalls durch eine Art vulkanischer oder plutonischer Wirkung hätte in Stücke zersprengt werden können, noch schwieriger, wie ein anderer Weltkörper,

wofür höchstens nur ein Komet als der Thäterschaft verdächtig herangezogen werden könnte, durch Zusammenstoß mit dem fraglichen Planeten diesen sollte zertrümmert haben. Die mathematische Behandlung der Frage nach dem Ursprunge der Asteroiden durch Simon Newcomb hat neuerdings dahin entschieden, daß für diese ein gemeinschaftlicher Ursprung im Sinne der Olbers'schen Hypothese nicht angenommen werden kann, und daß die gemeinsame Richtung der Perihelien ihrer Bahnen, welche Mädler sogar auf eine Attraction der Fixsterne beziehen wollte, fast ausschließlich durch die Anziehung des Jupiter bestimmt wird.

Die Kleinheit der Planetoiden hat bis jetzt physische Beobachtungen ihrer Oberflächen verhindert, ja selbst kaum bei dem einen oder andern dieser Miniaturplaneten directe Messungen ihrer Größe gestattet. Die Nebelhüllen, welche anfangs Schröter und Herschel um einzelne Planetoiden gesehen haben wollen, und woraus sie auf diese Körperchen umgebende Atmosphären von mehr als 100 Meilen Höhe schloßen, haben sich als optische Täuschungen erwiesen. Bis jetzt haben nur allein photometrische Bestimmungen einige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der wahren Größen der Planetoiden gewährt. Auf diesem Wege fand ich als Durchmesser des größten Asteroiden, nämlich der Ceres 46 und der Vesta 43 Meilen, letzterer Werth nahe genug mit Mädler's freilich sehr unsicherm directem Messungsversuche, der 66 Meilen ergab, übereinstimmend. Die kleinsten Planetoiden haben Durchmesser von 4 bis 5 Meilen. So erreicht die Gesammtoberfläche des Planetoiden Atalanta nicht 80 geographische Quadratmeilen. Ein Courierzug, der in jeder Stunde 10 deutsche Meilen zurücklegt, würde also dort in $1^3/_4$ Stunde die

Reiſe um die Welt machen, ein Wanderer, der täglich 8 Stunden weit geht, in zwei Tagen ſeine Antipoden beſuchen können. Das ruſſiſche Reich übertrifft an Größe die Oberfläche dieſes Planeten 5000mal, und aus unſerer Erde würden ſich mehr als 40 Millionen Kugeln, deren jede ſo groß iſt als der Planet Atalanta, bilden laſſen. Hier haben wir alſo einen höchſt engen Aufenthaltsort, wenn wir uns denſelben von Menſchen bevölkert denken, aber auch gleichzeitig ließe ſich dort das Reich des ewigen Friedens etablirt wähnen, indem es unwahrſcheinlich iſt, daß ein ſo kleiner Raum nicht über kurz oder lang unter die Herrſchaft eines einzigen Gebieters kommen müßte. Wenn alſo jener Planetoid von vernünftigen Weſen bewohnt iſt, ſo dürfen wir für dort an einen Weltherrſcher denken, deſſen Winken die Bewohner des ganzen Planeten gehorchen, der aber doch, nicht minder willenlos als ſeine Unterthanen, fort und fort von dem kleinen Körperchen, das ihn trägt, um die Sonne herumgeführt wird, und auf dieſer Reiſe dabei jeder Einwirkung folgt, die der mächtige Jupiter auf ſeine Bewegung ausübt. Wie klein erſcheint die größte menſchliche Inſtitution, wenn man ſie von der Höhe cosmiſcher und cosmologiſcher Geſichtspunkte aus betrachtet!

Jenſeits der Aſtroidenbahnen kreiſt der gewaltige Jupiter, nach der Sonne der einflußreichſte, weil maſſigſte Planet in unſerem ganzen Syſteme. Seine mittlere Entfernung vom Centralkörper beträgt 104 Millionen Meilen, und ſeine Umlaufszeit iſt 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Minuten. Der Aequatoraldurchmeſſer dieſes Planeten beträgt 19000, der polare Durchmeſſer oder die Umdrehungsaxe 17900 Meilen, die Abplattung $^1/_{17}$. Dieſe bedeutende Abplattung harmonirt mit der ſchnellen Um-

drehungsdauer, denn die ungeheure Jupiterkugel dreht sich in der erstaunlich kurzen Zeit von 9 Stunden 55 Minuten 27 Secunden um sich selbst, so daß jeder Punkt des Aequators in jeder Secunde in Folge der Rotation einen Weg von 38000 pariser Fuß zurücklegt. Diese Geschwindigkeit der Umdrehung für einen Punkt des Aequators ist fast ganz genau gleich der mittleren Fortbewegungsgeschwindigkeit des Planeten in seiner Bahn um die Sonne.

Seinem Volumen nach übertrifft Jupiter die Erde 1300mal, dagegen ist seine Masse nur 338mal größer, als die Erdmasse, so daß seine mittlere Dichte kaum $^1/_4$ der durchschnittlichen Erddichte ist, oder etwa gleich dem $1^1/_2$fachen des reinen Wassers. Wenn man nun bedenkt, daß die Dichte der Planeten gegen den Mittelpunkt hin sehr rasch wächst, so leuchtet ein, daß, wenn die durchschnittliche Dichte eines Planeten bloß $1^1/_2$ mal größer als diejenige des Wassers ist, die Dichte an seiner Oberfläche in keinem Falle größer als die des Wassers sein kann. Jupiter kann also an seiner Oberfläche kein Festland aufweisen, sondern nur ein specifisch leichtes flüssiges Element, dessen genauere Natur noch zu bestimmen bleibt. Die Richtigkeit dieses Schlusses wird durch das ganze Aussehen des Planeten in großen Ferngläsern ganz und gar bestätigt. Die Scheibe zeigt sich nämlich von einer Anzahl hellerer und dunklerer Streifen durchzogen, die dem Rotationsäquator parallel laufen, genau so wie dies auf einer rotirenden Kugel, die aus flüssigem oder halbflüssigem Stoffe besteht, der Fall sein muß. Im Allgemeinen sind zwei Hauptbanden vorhanden, die eine hellere Zone einschließen, welche die äquatoreale Gegend bezeichnet. Diese Region ist die hellste des Planeten, und zwar ist sie

mehr als zweimal glänzender, als die Polargegenden. Die dunklen Streifen zeigen sich in starken Ferngläsern keineswegs homogen, sondern aus hellern und dunklern Parthien zusammengesetzt. Häufig bemerkt man in ihnen sehr dunkle, ziemlich scharf abgegrenzte Flecke, die viel veränderlicher sind als die Streifen. Sie entstehen und vergehen unabhängig von diesen und zeigen neben der Rotationsbewegung der ganzen Jupiterskugel auch noch eigene Bewegungen, gleichsam als wenn sie durch Stürme getrieben würden. Man kann um so weniger daran zweifeln, daß Luftströmungen die Ursachen dieser Eigenbewegungen sind, als die Größe derselben durchgängig auf Winde hindeutet, deren Schnelligkeit derjenigen unserer irdischen Luftströmungen entspricht. Zwar haben frühere Beobachter weit beträchtlichere Ortsbewegungen der Jupitersflecke zu erkennen geglaubt, bei Schröter kommen sogar Schätzungen vor, wonach die Geschwindigkeit jener Flecke die des Schalles mehr als achtmal übertreffen würde, allein diese Wahrnehmungen sind nicht sicher genug, um verbürgt werden zu können. Der Athener Astronom Schmidt allein hat im Jahre 1852 ein merkwürdiges helles Gebilde auf der Jupitersscheibe beobachtet, das sich in der Richtung der täglichen Bewegung des Jupiter um seine Axe mit einer Geschwindigkeit von 28 Meilen in der Stunde bewegte, was freilich die Schnelligkeit unserer wüthendsten Orkane bei weitem übertrifft. Dergleichen Bewegungen scheinen jedoch nur äußerst selten und unter sehr abnormen Verhältnissen vorgekommen. Die erste annehmbare Erklärung der Streifen des Jupiter gab William Herschel. Der große Beobachter machte darauf aufmerksam, daß die helleren Theile der Scheibe Wolkengebilde seien, welche das Sonnenlicht stärker zurückwerfen

als die wahren Oberflächentheile des Jupiter, die uns deshalb dunkler erscheinen. Die Anordnung der Streifen, parallel dem Jupiteräquator, hatte schon der geistreiche Fontenelle mit der Existenz von Luftströmungen in Zusammenhang gebracht und dabei an Analoga unserer Passatwinde gedacht. Auf unserer Erde haben bekanntlich die unteren Passate in der nördlichen Hemisphäre die Richtung Nordost, in der südlichen Südost und zwar erfahren diese Luftströme die Ablenkung gegen Osten in Folge der Erdumdrehung. Nun ist diese aber mehr als 22mal langsamer wie die Rotationsbewegung des Jupiter; unter gleichen Verhältnissen muß daher auf diesem Planeten die Ablenkung der strömenden Massen nach Ost ganz unvergleichlich stärker sein, oder mit andern Worten, diese Strömungen müssen sich fast ganz parallel zum Aequator stellen, wie es auch in der That der Fall ist. In der That haben Chacornac und Mädler nur eine äußerst geringe, kaum zu verbürgende Neigung des südlichen Hauptstreifens gegen den Aequator des Planeten finden können. Die mehr nach den Polen hin liegenden Streifen zeigen dagegen häufig stärkere Neigungen gegen den Aequator, wie dies auch nach der eben gegebenen Erklärung nicht anders erwartet werden kann. Schwabe, der den Jupiter sehr viel beobachtet hat, bemerkt, daß die Farbe der beiden die Aequatoralzone des Planeten einfassenden Hauptstreifen, dunkelgrau, oft braun und rothbraun sei, und daß ihre dem Aequator zugekehrten Gränzen am dunkelsten und beständigsten erscheinen, so daß, wenn der eine oder der andere Streifen verschwunden zu sein scheint, der nördliche an seiner südlichen, der südliche an seiner nördlichen Grenze kennbar bleibt. Die graue Farbe der Streifen fand Schwabe dadurch hervorge-

rufen, daß dieſelben von äußerſt feinen, parallelen Längenlinien durchzogen werden. Nach den Meſſungen, welche Arago angeſtellt, iſt der ſüdliche Hauptſtreifen des Jupiter um $^1/_4$ durchſchnittlich breiter als der nördliche und die Lage beider gegen den Planetenäquator ſcheint einer periodiſchen Aenderung zu unterliegen.

Alle dieſe Wahrnehmungen erklären ſich ungezwungen durch atmoſphäriſche Veränderungen in der Jupiteratmoſphäre. In der That iſt es naheliegend, in der hellen äquatorealen Region des Jupiter ein Analogon unſerer Calmenregion zu ſehen, wo die unter dem Einfluße der heißen Sonne aufſteigenden warmen Luftmaſſen ihren Waſſerdampf in wolkenbruchartigen Regengüſſen tagtäglich niederſchlagen. Von Planetenentfernung aus geſehen, muß auch dieſe Region unſerer Erde als ein heller Streifen erſcheinen, der allerdings nicht über dem Aequator, ſondern in Folge der Vertheilung des feſten Landes auf der Erde, nördlich davon liegt. Die beiden dunklen Streifen des Jupiter zu beiden Seiten der centralen Region, müſſen als diejenigen Gegenden betrachtet werden, welche verhältnißmäßig am wenigſten bewölkt ſind. Bei unſerer Erde iſt dies ähnlich der Fall, indem die nördlich und ſüdlich von der Calmenzone liegenden Gegenden in Folge der Paſſatwinde ſich einer klaren Atmoſphäre und nur geringer Bewölkung erfreuen. Der in der Region der Calmen aufgeſtiegene Luftſtrom ſenkt ſich, wie bekannt, nach und nach erkaltend wieder auf den Erdboden herab, um, neuerdings dem Aequator zuſtrömend, denſelben Kreislauf zu wiederholen. Wo dieſer obere Paſſatwind herabkommt, trübt er die Atmoſphäre und bringt Gewölk und Regen, ſo daß von Planetenentfernung aus geſehen, auch dieſe Zone der Erdoberfläche heller als die andern Theile der

Scheibe erſcheinen muß. Dieſe helleren Streifen auf der nördlichen und ſüdlichen Hemiſphäre, können ſich aber in keinem Falle ſo glänzend und ſcharf begränzt darſtellen, als die helle Zone, welche die Calmenregion darſtellt. Denn dieſe letztere wird bezeichnet durch einen mächtigen aufſteigenden Luftſtrom, deſſen Grenzen ungleich ſchärfer markirt ſind, als diejenigen des nach und nach herabkommenden und ſich allmälich mit den niederen Luftſchichten vermiſchenden Stromes. Auch können dieſe Zonen des aufſteigenden und herabkommenden Paſſets nicht das ganze Jahr hindurch ihre Lage auf der Erdoberfläche unverändert beibehalten, denn die Sonne bewegt ſich während des Jahres zwiſchen den beiden Wendekreiſen, ſie bleibt alſo ein halbes Jahr nördlich, und ein halbes Jahr ſüdlich vom Aequator, und dieſer jährlichen Bewegung folgt die Region der Calmen. Wenden wir uns nun wieder dem Planeten Jupiter zu, ſo finden wir die merkwürdigſte Uebereinſtimmung zwiſchen den allgemeinen meteorologiſchen Verhältniſſen unſerer Erde und den Erſcheinungen, welche man auf der Oberfläche jenes Planeten beobachtet hat. Die ungleich ſcharfe Begrenzung der beiden dunklen Hauptſtreifen des Jupiter erklärt ſich ſehr ungezwungen aus dem bereits bei der Erde erwähnten Umſtande, daß in der äquatorealen Region ein ungeheures, compaktes Aufſteigen der Luftmaſſen und damit eine ſcharf abgeſchiedene Wolkenbildung ſtattfindet, während das Herabkommen der Luftmaſſen in den nördlichen oder ſüdlichen Gegenden nur allmählich vor ſich geht und die Zwiſchenzonen verhältnißmäßig dunſtleer (und dunkel) erſcheinen. Dieſe Zwiſchenzonen erſcheinen unſerer Wahrnehmung als Streifen und dieſe müſſen daher an ihrer dem Aequator zugewandten Seite ſchärfer begrenzt erſcheinen, als an der polaren.

Weil aber auch für den Planeten Jupiter die Sonne nicht das ganze Jahr hindurch im Aequator steht, sondern ihre Bahn mit diesem einen Winkel von 3° 6′ macht, so muß die helle Zone dieses Planeten (das Analogon unserer Calmenregion) im Verlaufe eines Jupitersjahres um einen geringen Betrag ihre Lage verändern und in der That scheinen die Beobachtungen Arago's eine solche Veränderung anzudeuten.

Wir können uns auf diese Weise vollkommen gut von den Streifen des Jupiter und ihren Veränderungen Rechenschaft geben; aber für was sollen wir die schwarzen Flecken ansehen, welche bisweilen in den Streifen sichtbar werden? Als wolkenartige Gebilde wohl schwerlich, denn Wolken, analog denjenigen, welche wir zur Erklärung der hellen Zone und der Streifen des Jupiter annehmen, müssen hell erscheinen.

Man könnte dagegen annehmen, die schwarzen Flecken und die damit in Verbindung stehenden dunklen Streifen und Striche seien Verbrennungsprodukte, etwa Wolken schwarzer vulkanischer Asche, deren fein zertheilte Masse in der Atmosphäre schwimmend gedacht würde. Allein in diesem Falle müßten, wie Zöllner richtig hervorhebt, diese Streifen bei weiterer Entfernung ihrer Endpunkte immer dünner und feiner werden, da sich dieselbe Masse der dunklen Substanz über einen größeren Raum ausdehnt. Den Beobachtungen zufolge findet aber gerade das Gegentheil statt und die Streifen werden breiter und dunkler. Zöllner glaubt daher, daß die Streifen nichts anderes als Risse in der Wolkendecke sind, welche den Jupiter umhüllt.

Die dunkeln Flecke müssen also wohl Theile der wahren Jupiteroberfläche sein, welche frei von allem Wolken-

flor unſeren Blicken erſcheinen. Weil aber die nämlichen Flecken Ortsveränderungen zeigen, welche eigene Bewegungen derſelben verrathen, ſo müſſen wir annehmen, daß die Urſache, welche von Zeit zu Zeit den Wolkenſchleier über einzelnen Regionen des Planeten zerreiſt, örtlich wechſelnd iſt, ſo daß es uns ſcheint, als bewegten ſich die Flecken, während in der That nur die Auflöſung und Neubildung des Wolkenſchleiers voranſchreitet. Dieſe Erklärung habe ich früher für weniger wahrſcheinlich gehalten, weil ſie die Conſequenz nach ſich zieht, daß auch Saturn, Uranus und Neptun von dichten, das Licht ſtark reflektirenden Wolkenſchichten umgeben ſein müſſen, und daß von ihren Trabanten das Gleiche gilt. Dieſe Conſequenz muß aber nach den photometriſchen Unterſuchungen von Zöllner in der That gezogen werden. Es hat ſich nämlich hiebei das überaus merkwürdige und ganz unerwartete Reſultat ergeben, daß die Licht reflectirende Kraft, oder mit andern Worten, die Weiße der obern Planeten vom Jupiter an, eine ganz außerordentlich große iſt, ſie iſt z. B für Jupiter und Uranus faſt der des weißen Papiers gleich! Beſtänden die Oberflächen dieſer Planeten durchweg aus weißem Sandſteine, ſo würden uns dieſelben nur ein Drittel ſo hell erſcheinen, wie es jetzt der Fall iſt, beſtänden ſie aus Quarzporphyr, ſo würden beide Planeten nur $^1/_6$ ſo hell erſcheinen, wie es der Fall iſt, oder Jupiter würde als ein Stern zweiter bis dritter Größe, Uranus kaum als ein Sternchen achter bis neunter Größe erſcheinen. Wäre die Weiße des Planeten Mars ſo bedeutend wie diejenige des Jupiter, ſo würde derſelbe uns faſt zweimal ſo hell erſcheinen müſſen als letzterer Planet. Die Licht reflektirende Kraft des Mars iſt beträchtlich kleiner als diejenige des Jupiter und nähert ſich derjenigen unſerer Erde, ſo daß

in dieſer Beziehung zwiſchen beiden Weltkörpern eine Aehnlichkeit ſtattfindet, die wir bei den großen Planeten jenſeits der Zone der Aſteroiden vermiſſen. Bereits früher hat man die Vermuthung aufgeſtellt, daß Jupiter und Saturn noch nicht in den Zuſtand der Conſiſtenz übergegangen ſeien, welchen wir bei unſerer Erde wie überhaupt bei den inneren Planeten annehmen müſſen, daß vielmehr die Rieſenplaneten gegenwärtig noch in einem Stadium der Hitze ſeien, das ſich ſogar durch eine ſchwache Lichtentwicklung kundgebe. Die Thatſache, daß bei den Vorübergängen der Jupitersmonde vor der Scheibe dieſes Planeten die Schatten derſelben in tiefſter Schwärze erſcheinen, iſt aber gegen die Annahme eines Selbſtleuchtens des Jupiters geltend gemacht worden. In neueſter Zeit hat indeß der mit allen optiſchen Erſcheinungen ſo überaus vertraute Phyſiker Zöllner darauf hingewieſen, daß die tiefe Schwärze der Schatten, welche die Jupitersmonde bei ihren Vorübergängen auf die Planetenſcheibe werfen, bloß eine Contraſterſcheinung ſei und keineswegs gegen die Annahme ſpreche, daß der Jupiter ein gewiſſes eigenes Licht ausſtrahle. Welche Täuſchung ſolche Contraſterſcheinungen hervorrufen können, davon bieten die Sonnenflecke ein eclatantes Beiſpiel dar. Beobachtet man die Sonnenſcheibe, wobei man ſich ſelbſtverſtändlich eines Blendglaſes bedient, ſo erſcheinen die Flecke, welche man auf der Scheibe wahrnimmt, durchaus ſchwarz; hat man aber Gelegenheit, bei einem der Vorübergänge der unteren Planeten vor der Sonne die wirklich ſchwarze, weil von keinem Lichtſtrahle getroffene Nachtſeite derſelben mit der Dunkelheit der Flecken zu vergleichen, ſo erkennt man ſofort, daß dieſe letzteren lichtbraungrau ſind, ja der ältere Herſchel hat aus gewiſſen Schätzungen gefunden, daß

im Durchſchnitt ein Sonnenfleck noch immer mehr als viertauſendmal heller iſt, wie eine gleich große Fläche des Vollmondes. Man erſieht hieraus, daß die Vermuthung Zöllners über das Selbſtleuchten des Jupiter durchaus nicht ſo unbegründet iſt, als ſie auf den erſten Anblick erſcheinen möchte. Ein engliſcher Beobachter, Browning, hat im Jahre 1869 Beobachtungen des Jupiter angeſtellt, welche ebenfalls mit der Annahme, daß auf dieſem Planeten große, von Lichtentwicklungen begleitete Veränderungen vor ſich gehen, harmoniren. Er fand, daß die Streifen damals eine beträchtliche Mannigfaltigkeit in ihren Färbungen darboten. Der helle Aequatorialſtreifen erſchien bisweilen mit Flecken bedeckt, welche die Form von Haufenwolken beſaßen. Ehemals glich er in Bezug auf Glanz und Farbe grauem Silber oder Perlmutter, aber in den Monaten October und November 1869 war er tiefgelb und galvaniſch niedergeſchlagenem Golde vergleichbar. Schließt man, ſagt Browning, aus dem, was wir von der Beſchaffenheit unſeres Mondes, des Planeten Mars und unſerer Erde wiſſen, ſo können wir uns vorſtellen, daß der Planet Jupiter noch immer eine ſo hohe Temperatur beſitzt, daß er flüßiges Waſſer an ſeiner Oberfläche nicht bewahren kann. Dieſe Annahme iſt um ſo ſicherer, als das ſpecifiſche Gewicht dieſes Planeten nur anderthalbmal dasjenige des Waſſers übertrifft. Unſere Meſſungen geben uns nur die äußerſten Grenzen der wolkigen Hülle an, welche den Planeten umſchließt, wir kennen aber keineswegs deren Tiefe, ſo daß uns jeder Anhaltspunkt zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes des Kernes fehlt. Wenn einſt in ſpäteren Zeiten der Planet mehr und mehr erkaltet ſein wird, ſo muß ſich endlich ſeine Dunſthülle condenſiren, vielleicht zum großen Theile zu Waſſer und

die Scheibe des Jupiter wird einen kleinern Durchmesser zeigen. Wir selbst können allerdings nicht hoffen, diese Abnahme noch nachzuweisen, aber unsere Messungen werden die Astronomen der Zukunft in den Stand setzen, dieselbe wahrzunehmen. Redtenbacher hat eine Berechnung der anfänglichen Temperaturen der Sonne und der Planeten versucht. Diese Bestimmung geht natürlich von gewissen hypothetischen Voraussetzungen aus und kann deshalb auf strenge Richtigkeit keinen Anspruch machen, allein sie genügt vollkommen, um von den Anfangszuständen einen allgemeinen Begriff zu verschaffen. Hiernach betrug die Initialtemperatur des Sonnenballs 178,000000 Grade, die des Jupiter 1,660000 Grade, und diejenige der Erde 55000 Grade. Nun hat sich allerdings der Planet Jupiter ungleich früher aus dem großen Sonnennebel oder vielmehr aus einem Nebelringe desselben gebildet, als die Erde, allein dafür war auch seine Temperatur dreißigmal beträchtlicher als diejenige unseres Planeten. Wenn wir daher unsern Weltkörper gegenwärtig an seiner Oberfläche und wahrscheinlich auch in seiner ganzen Masse schon erkaltet finden, so dürfen wir daraus nicht auch ohne Weiteres schließen, daß auch der Jupiter schon seine sämmtliche Wärme verloren haben müsse.

Wichtig bei der Frage, ob Jupiter noch gegenwärtig einen irgend merklichen Theil von eigenem Lichte aussendet, sind die Aussagen des Spectroskops, dieser treuen und endlosen Sonde, wenn es gilt, die Tiefen des Raumes zu durchforschen. In dieser Beziehung haben Huggins und Secchi übereinstimmend gefunden, daß das Spectrum des Jupiter im rothen Theile einige schwarze Streifen zeigt, die im Sonnenspectrum fehlen. Man kann diese Erscheinung auf verschiedene Weise erklären. Nimmt man an,

Jupiter sei nicht selbstleuchtend, so muß man schließen, daß die dunkeln Linien in der Wolkenhülle desselben absorbirt werden; nimmt man dagegen an, Jupiter sei merklich selbstleuchtend, so müssen jene Linien von gewissen Substanzen herrühren, die entweder auf der Sonne nicht vorkommen, oder sich nicht durch Absorptionswirkung für uns bemerklich machen, während sie auf dem Jupiter im Zustande der Verbrennung sich befinden, und ihre hellen Linien in den Dämpfen derselben Substanzen, welche die Atmosphäre des Planeten erfüllen, absorbirt werden.

Browning hat mit einem großen Instrumente in dem gelblichgrünen Theile des Jupiterspectrums eine Menge von feinen dunkeln Linien wahrgenommen, die dem normalen Sonnenspectrum fehlen, und große Aehnlichkeit mit den dunkeln Linien unserer Atmosphäre besitzen, die man bemerkt, wenn die Sonne niedrig steht. Das Spectroscop hat also im vorliegenden Falle bis jetzt noch keine sichere Entscheidung geliefert, ob Jupiter ein uns noch wahrnehmbares eigenes Licht ausstrahlt oder nicht, aber seine Angaben widersprechen keineswegs den Schlußfolgerungen, welche eben bezüglich des Selbstleuchtens dieses Planeten gezogen wurden.

Es ist klar, daß wenn der Planet Jupiter gegenwärtig noch in einem Stadium sich befindet, in welchem er eigenes Licht aussendet, an eine Bewohnbarkeit seiner Oberfläche von lebendigen Wesen nicht im Entferntesten gedacht werden kann. Dieser ungeheure Körper hat sich also seit den unzählbaren Jahrmillionen, während deren er existirt, um die Sonne bewegt, ohne je der Schauplatz von organischem Leben geworden zu sein, während die viel kleinere und jüngere Erde schon seit sehr langer Zeit mit lebendigen Wesen bevölkert ist, und die Krone der-

ſelben, der Menſch, bereits einen Grad der Intelligenz erreicht hat, der ihm geſtattet, ſeine Blicke auf die Vergangenheit und Zukunft des Weltorganismus, dem er angehört, zu werfen.

Während unſer Planet Erde nur einen Mond oder Trabant (Satellit) beſitzt, wird der gewaltige Jupiter von vier Monden umkreiſt. Dieſer Mondreichthum, den wir bei den Planeten jenſeits des Jupiter in noch beträchtlicherem Maaße antreffen, kann nach den Vorſtellungen, die wir über die Entſtehungsgeſchichte der planetariſchen Welt gewonnen haben, durchaus nicht überraſchen.

Die Dunſtkugeln, aus denen ſich die oberen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun im Laufe von Millionen Jahrhunderten gebildet, waren von Anfang an bedeutend größer als diejenigen, welche die Embryo's der inneren Planeten bildeten. Hiezu kommt die größere Hitze und dadurch veranlaßte beträchtlichere Ausdehnung bei geringerer Dichtigkeit der Nebelbälle der oberen Planeten, während bei den entſprechenden Bällen, aus denen ſich die inneren Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars bildeten, ſchon eine bedeutend größere Erkaltung und Concentration der Materie eingetreten ſein mußte.

Unter ſolchen Verhältniſſen begreift man ohne Schwierigkeit, daß bei den ſecundären Dunſtkugeln, welche ſpäter den Planeten Jupiter, Saturn u. ſ. w. ihr Daſein gaben, eine nochmalige Ringbildung viel leichter und häufiger ſich vollziehen mußte, als bei den Nebelmaſſen, aus welchen Merkur, Venus, Erde und Mars hervorgingen. Wir müſſen daher den großen Reichthum der oberen Planeten an Monden als etwas mit Nothwendigkeit aus der Laplace'ſchen Theorie der Entſtehung unſeres Sonnenſyſtems

Resultirendes ansehen und darin einen neuen, indirecten Beweis zu Gunsten derselben erblicken. Der Grund, weshalb von den inneren Planeten gerade die Erde und nicht der an der äußeren Grenze dieser Regionen stehende Mars einen Mond erhielt, ist auch leicht nachzuweisen. Der Planet Mars ist nämlich, wie ich bereits mitgetheilt habe, sehr klein und von verhältnißmäßig geringer Masse. Die Dunstkugel, aus welcher er im Beginne seines individuellen Daseins hervorging, war nicht ausgedehnt genug, um sich bei ihrer Rotation in einen Ring nebst centraler Masse zu zertheilen, ihre Rotation erreichte auch niemals eine gewisse von den mondbegleiteten Planeten überschrittene Grenze. So finden wir denn auch noch heute, daß der mondlose Mars die langsamste Rotation von allen Planeten besitzt. Bei der geringen Masse dieses Planeten würde zudem ein Mond, der ihn in derselben Zeit umkreiste, wie unser Mond die Erde, eine Entfernung von noch nicht 20,000 Meilen vom Marsmittelpunkte besitzen.

Die vier Monde, welche den Jupiter umkreisen, stehen in größeren Abständen von diesem, als unser Mond von der Erde. Beim ersten Monde beträgt der Abstand vom Mittelpunkte des Jupiters 57,500 geogr. Meilen, beim zweiten 91,400, beim dritten 145,800, beim vierten 256,500 geographische Meilen. Wegen der weit diejenige der Erde übertreffenden Masse des Jupiter umkreisen diese Monde jedoch den Planeten in weit kürzerer Zeit als unser Mond gebraucht, um seine Bahn um die Erde zu beschreiben. Die wahre Umlaufszeit des ersten Jupitermondes beträgt 1 Tag 18 Stunden 27 Minuten 33.505 Secunden. Diejenige des zweiten 3 Tage 13 Stunden 13 Minuten 42.040 Secunden. Die siderische oder wahre Umlaufszeit des dritten Jupitermondes ist 7 Tage 3 Stunden 42 Mi-

nuten 33.360 Secunden und endlich diejenige des vierten 16 Tage 16 Stunden 32 Minuten 11.271 Secunden. Jupiter mit seinen Trabanten bietet uns ein Bild des Sonnensystems im Kleinen dar, alle Bewegungserscheinungen des Planetensystems spiegeln sich in verkleinertem Maaße in den Bewegungen und Störungen der Jupitermonde ab. Schon bald nach Erfindung des Fernrohres hat die Entdeckung der kleinen Jupiterwelt sehr viel zur Ausbreitung der Copernikanischen Weltanschauung beigetragen. Man sah hier in der That durch das Fernglas einen centralen Weltkörper, von vier kleineren in verschieden langen Zeiträumen umkreist, man sah mit leiblichen Augen in den fernen Regionen des Himmels an mächtigen Weltkörpern ein getreues Abbild dessen, was das geistige Auge des unsterblichen priesterlichen Astronomen von Thorn, des gleich kühnen wie scharfsinnigen Copernikus, im ganzen Sonnensysteme längst erschaut hatte.

Die Beobachtungen haben uns über die Zustände der „Jupiterwelt" eine Reihe sehr werthvollen Materials kennen gelehrt, sowohl was die Beziehungen der vier Monde zu einander und zu ihrem Centralkörper, dem Jupiter selbst, als auch was die individuelle Natur jedes dieser Monde an und für sich anbelangt.

Der erste oder innerste Jupitermond hat etwa 509 Meilen im Durchmesser, er ist also um ein Geringes, etwa um $^1/_{11}$ im Durchmesser größer als unser Erdmond. Seine Masse beträgt nach den Untersuchungen von Laplace etwa $\frac{1}{57700}$ der Jupitermasse. Da nun diese letztere 305mal größer ist, als die Erdmasse, so beträgt die Masse des innersten Jupitermondes etwa $\frac{1}{190}$ der Masse von unserer Erde. Die Masse des Mondes ist ungefähr $^1/_{80}$ von der Masse der Erde, sonach verhält sich also der

erſte Jupitermond zu unſerem Monde rückſichtlich ſeiner Maſſe wie 80 : 190 oder wie 1 : $2^3/_8$. Trotz ſeiner bedeutenderen Größe iſt alſo der innerſte Jupitermond an und für ſich weniger ſchwer als der Mond unſerer Erde, er muß demnach aus einem lockerern, weniger dichten Stoffe beſtehen als dieſer. Seine Dichtigkeit iſt in der That ſehr gering, ſie beträgt $^1/_5$ von der Dichte der Erde, kommt demnach der Dichte des Jupiter und derjenigen des Waſſers ſehr nahe. Dieſer Mond, von dem wir, wie von allen kugelförmigen Himmelskörpern, annehmen müſſen, daß er nach ſeinem Mittelpunkte zu immer dichter wird, kann demnach an ſeiner Oberfläche keinen feſten Stoff von gleichem ſpecifiſchem Gewichte wie das Waſſer haben, ja tropfbarflüſſiges Waſſer kann unter keinen Umſtänden an ſeiner Oberfläche vorhanden ſein. Wir haben gefunden, daß das Nämliche auch vom Jupiter ſelbſt gilt; allein wenn ich bei dieſem Planeten mit Recht darauf hinweiſen durfte, daß er wegen ſeiner enormen Größe gegenwärtig an ſeiner Oberfläche noch nicht gänzlich erkaltet ſei, ſo können wir dieſen Schluß auf die Monde dieſes Planeten nicht ohne Weiteres übertragen. Denn aus demſelben Grunde, weshalb die Erde ſchon erkaltet iſt, während der gewaltige und ältere Jupiter noch nicht in dieſes Stadium getreten, müſſen auch die Monde desſelben bereits erkaltet ſein. Nehmen wir dies aber an, ſo iſt es ſchwer, das glänzend helle Licht des innerſten Jupitermondes, welches den hellſten Parthien der Jupitersſcheibe nicht nachſteht, anders zu erklären als durch eine ungeheure und mächtige zuſammenhängende Wolkenſchichte, welche den feſten Kern dieſes Mondes umhüllt. Haben wir aber ſonſt einen zwingenden Grund zu dieſer Annahme? Ich wüßte keinen zu finden; wohl aber ließe ſich ein ſolcher unter der Annahme

finden, daß auch der innerſte Jupitermond ſich noch nahezu in demſelben Stadium der Hitze befinde, wie Jupiter ſelbſt. Was iſt aber die weitere Conſequenz einer ſolchen Annahme? Offenbar, wie Sie leicht einſehen, die, daß die Entſtehung des innerſten Jupitermondes, als eines ſelbſtſtändigen kugelförmigen Trabanten, ein Ereigniß von verhältnißmäßig noch jungem Datum iſt. Dieſer Jupitermond kann in keinem Falle auch nur entfernt ſo lange exiſtiren, als der Planet Jupiter ſelbſt, er iſt vielmehr wahrſcheinlich erſt zu einer Zeit entſtanden, als das ganze heutige Planetenſyſtem ſich ſchon gebildet hatte, ja als unſer Erdmond ſchon längſt vorhanden, vielleicht ſchon faſt erkaltet war. Dieſes letztere muß man daraus ſchließen, weil unſer Mond, der dem erſten Jupitermonde an Volumen ungefähr gleich iſt, ſchon längſt erſtarrt iſt. Wenn es uns Menſchen alſo möglich wäre, den Jupiter mit unſern Ferngläſern in dem Zuſtande zu ſehen, welchen er beſaß, als unſere Erde ſich in der cambriſchen oder ſiluriſchen Zeit befand, ſo würden wir höchſt wahrſcheinlich den Jupiter noch mit einem Ringe umgeben erblicken. Wem eine ſolche Schlußfolgerung, die auf dem erſten Anblick allerdings etwas Ueberraſchendes hat, zu gewagt erſcheinen ſollte, Den möchte ich darauf aufmerkſam machen, daß, wenn er in der cambriſchen oder ſiluriſchen Zeit den Jupiter von einem Ringſyſteme umgeben, würde erblickt haben: er nichts anders geſehen hätte, als was er in unſerer heutigen Zeit noch jeden Tag bei dem Planeten Saturn ſehen kann. Schon der ältere Caſſini war darauf aufmerkſam geworden, daß einzelne Jupitermonde, unter ihnen auch der erſte, einen verſchiedenen Glanz zeigen, je nach der Stellung, welche ſie in ihrer Bahn einnehmen. Der ältere Herſchel verfolgte dieſe Bemerkung

mit Ausdauer weiter. Er entwarf sich Zeichnungen von den Bahnen der Jupitermonde und bemerkte diejenigen Punkte in diesen Bahnen, woselbst die Monde ihren größten und geringsten Glanz zeigten. Auf diese Weise ermittelte er, daß der erste Jupitermond seine bedeutendste Helligkeit zeigt, wenn er zwischen der Conjunction und der größten östlichen Digression sich befindet. Diese Thatsache läßt sich leicht erklären, wenn man annimmt, daß der genannte Mond an gewissen Theilen seiner Oberfläche schon mit einer festen, schlackenartigen Kruste bedeckt ist, und daß sich derselbe in der nämlichen Zeit einmal um seine Axe dreht, welche er gebraucht, den Jupiter zu umkreisen. Unter diesen Verhältnissen muß er uns nämlich periodisch seine glänzendste und seine dunkelste Seite zuwenden und die Zeit seines hellsten oder schönsten Glanzes muß mit einer und derselben Stellung des Mondes in seiner Bahn zusammenfallen. Es wäre interessant, durch neue Beobachtungen zu ermitteln, ob die Angaben Herschels auch heute noch giltig sind. In diesem Falle dürfte man schließen, daß die Schlackenmassen bereits eine erhebliche Festigkeit erlangt haben, der Mond also rasch seiner gänzlichen Erstarrung entgegengeht.

Der zweite Jupitermond ist an Größe fast ganz genau unserm Monde gleich, allein seine durchschnittliche Dichte beträgt nur $^2/_5$ von derjenigen der Erde. Wenn er daher auch den ersten Jupitermond an Dichte um das Doppelte übertrifft, so steht er doch dem Erdmonde darin um $^1/_3$ nach. Man kann annehmen, daß dieser Mond im Durchschnitt die doppelte Dichtigkeit des Wassers besitzt. Er glänzt im Fernrohre als ein Stern von bläulich weißem Lichte. Auch für ihn findet nach den Beobachtungen von Herschel eine periodische Lichtveränderung

ſtatt, indem er ungefähr in demſelben Theile der Bahn, in welchem auch der erſte Mond das Maximum ſeines Glanzes zeigt, am hellſten erſcheint. Doch ſind die Helligkeitsſchwankungen dieſes zweiten Mondes weniger bedeutend als die des erſten.

Der dritte Jupitermond iſt der größte und hellſte von allen. Sein Durchmeſſer beträgt 746 Meilen und da ſeine Maſſe $\frac{9}{100000}$ der Jupitermaſſe ausmacht, ſo iſt ſeine mittlere Dichtigkeit $^3/_{10}$ von derjenigen der Erde oder etwa $1^1/_3$ mal ſo groß als diejenige des Waſſers. Seine Farbe iſt gelblich, ähnlich derjenigen des Jupiter, doch habe ich ihn zu Zeiten auch entſchieden röthlich geſehen. Einen beſonders deutlichen Helligkeitswechſel zeigt er nicht; Herſchel glaubte zwar etwas dergleichen zu erkennen, doch ſind ſeine Wahrnehmungen nicht beſtimmt genug, um ein ſicheres Ergebniß zu gewähren. In der neueſten Zeit hat Secchi mittels ſeines großen Fernrohres und begünſtigt von dem überaus klaren Himmel Roms ſehr merkwürdige Beobachtungen dieſes Mondes angeſtellt. Bei der ungeheuren Vergrößerung von tauſend Mal erſchien ihm dieſer Trabant im Fernrohre faſt von der nämlichen Größe wie unſer Mond dem bloßen Auge, und der römiſche Aſtronom fand, daß derſelbe eine Abplattung von $^2/_3$ beſitze. Dieſes Reſultat, vorausgeſetzt, daß es ſich beſtätigt, ſteht ohne Analogie da im ganzen Sonnenſyſteme, indem die ſtärkſten Abplattungen, jene der Planeten Saturn und Uranus, noch nicht $^1/_{10}$ erreichen. Wenn aber in der That dem dritten Jupitermonde jene beträchtliche Abplattung zukommt, welche ihm Secchi's Beobachtungen ertheilen, ſo kann man mit einem hohen Grade von Wahrſcheinlichkeit vermuthen, daß dieſer Mond auch eine bedeutend ſchnelle Rotation um ſeine Axe beſitzen müſſe,

da sonst keine plausible Ursache für diese beträchtliche Abplattung zu finden sein dürfte. In der That ist es auch Secchi gelungen, Flecken auf der Scheibe dieses Mondes zu erkennen und aus den Bewegungen dieser Flecken vermochte er das Resultut zu ziehen, daß diesem Monde eine beträchtlich schnellere Rotation zukomme, als diejenige, welche die Monde im allgemeinen besitzen und wonach die Rotationsdauer mit der Umlaufszeit zusammenfällt. Allein dieses letztere Resultat scheint doch nur mehr die größere Abplattung zu bestätigen, als dies in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn nämlich die Größe und Masse eines Himmelskörpers, sowie seine Rotationszeit bekannt sind, so kann man seine Abplattung unter der Voraussetzung gleichförmiger Dichtigkeit theoretisch berechnen. Diese letztere Voraussetzung ist nun in Wirklichkeit allerdings nicht zutreffend, allein bei schnellen Rotationen und starken Abplattungen gibt die auf diese Weise geführte Rechnung immerhin Resultate, die von der Wahrheit nur wenig abweichen. Für Jupiter erhält man z. B. auf diesem Wege eine Abplattung von $\frac{1}{10}$, während die wahre Abplattung nur wenig kleiner ist. Ist aber die Abplattung bekannt, so kann man umgekehrt die Dauer der Rotation berechnen. Dieser Fall tritt für den dritten Jupitermond ein und indem ich die Rechnung ausführe, finde ich, daß die zu der von Secchi gegebenen Abplattung gehörende Rotationsdauer 2 Stunden, 30 Minuten beträgt. Dieses Resultat ist also nur ein annäherndes, aber es kann — immer vorausgesetzt, daß die Abplattung richtig angegeben ist — nicht etwa um den gleichen Betrag zu klein sein, d. h. in keinem Falle könnte die Umdrehungsdauer auch nur 5 Stunden betragen. Eine so kurze Rotationsdauer hat sich aber in den Beobachtungen von Secchi durch-

aus nicht gezeigt, es bleibt daher nichts anderes übrig, als anzunehmen, daß die wahrgenommene Abplattung des dritten Jupitermondes eine Täuschung ist, oder daß die Wahrnehmungen von Flecken auf dieser Trabantenscheibe auf Täuschungen zurückgeführt werden müssen, insoferne wirkliche, der Oberfläche dieses Mondes angehörende Flecke sich weit schneller fortbewegen müßten.

Der vierte Jupitermond steht in Beziehung auf seine Größe nur dem dritten nach; denn sein Durchmesser beträgt 639 Meilen. Da nach Laplace seine Masse $\frac{1}{23000}$ der Jupitersmasse ausmacht, so ist seine Dichte $^1/_4$ der Erddichte oder beiläufig das Anderthalbfache von der Dichtigkeit des reinen Wassers. Die Helligkeit dieses Mondes ist nicht so beträchtlich, als man bei seiner Größe erwarten sollte. Er erscheint bisweilen als der lichtschwächste von allen Jupitersmonden. Zu anderen Zeiten habe ich ihn alle übrigen Monde an Glanz übertreffen gesehen. Die Farbe ist ein graunartiges Weiß; Herschel behauptet, bisweilen auch einen röthlichen Schimmer dieses Mondes wahrgenommen zu haben. Am 21. und 24. März 1871 hat H. Vogel das Spectrum dieses Mondes auf der Sternwarte Bothkamp untersucht. Es erschien äußerst schwach, und begann erst mit der D-Linie, so daß also der rothe Theil desselben nicht zu erkennen war. Ebenso fehlte das violette Ende und das Spectrum erstreckte sich blos bis etwa zur Mitte zwischen den Linien F und G des Sonnenspectrums. Es besteht also nur aus dem gelben, grünen und hellblauen Theile des normalen Sonnenspectrums, oder mit anderen Worten, der vierte Jupitermond sendet in wahrnehmbarer Menge blos die gelben, grünen und blauen Strahlen zurück, die übrigen absorbirt er. Die wahre Farbe dieses Mondes ist daher ein blaugrünliches

Weiß. Die Absorption der rothen und blauvioletten Strahlen des Sonnenlichtes beweist das Vorhandensein einer beträchtlichen Atmosphäre um den vierten Jupitermond, und dieser Schluß wird noch dadurch unterstützt, daß in dem wahrnehmbaren Theile seines Spectrums einige dunkle Banden (Absorptionsstreifen) vorhanden sind, die in dieser Stärke dem Sonnenspectrum fehlen. Wahrscheinlich besteht dieser Mond aus einem festen Kerne von geringem Durchmesser und einer hohen dichten Atmosphäre. Bei der Beobachtung erblicken wir nicht den festen Kern, sondern nur die äußere Begränzung der Dunstatmosphäre. Wäre diese Umhüllung eine rein gasartige, so würde sie keine äußere, feste Begrenzung besitzen können, indem eine gasförmige Atmosphäre sich mit abnehmenden Drucke in stets verringerter Dichtigkeit bis ins Ungemessene erstreckt. Das gilt aber keineswegs von Wasserdampf und Nebel, indem der Wasserdampf kein Gas oder Dampf im physikalischen Sinne ist, sondern aus kleinen Wasserbläschen besteht.

Die vier Monde des Jupiter sind von den Anhängern der Zweckmäßigkeitstheorie bisweilen als Beispiele einer weisen Anordnung aufgeführt worden, wonach die Nächte dieses Rieseuplaneten stets durch Mondschein erhellt würden und die größere Schwäche des Sonnenlichtes durch eine größere Anzahl der Monde compensirt werde. Nichts ist leichter als ein solches Raisonnement als unrichtig und thöricht zurückzuweisen. Denn ganz abgesehen davon, daß die Nächte des Jupiter sehr kurz sind, und erst jenseits des 87. Grades nördlicher oder südlicher Breite die Dauer von 10 Stunden und darüber erreichen, würden die vier Monde den ihnen zugedachten Zweck auch gar nicht oder doch nur in der denkbar unvollkommensten

Weise erfüllen können. Die drei innersten Monde zeigen dem Jupiter niemals ihre voll erleuchtete Scheibe, indem sie alsdann, in Bezug auf ihren Hauptplaneten selbst, der Sonne gegenüber stehen müßten, wobei sie regelmäßig in den Schattenkegel des Jupiter gerathen und verfinstert werden. Aber auch der Schein der übrigen Lichtgestalten dieser Monde ist den einzelnen Theilen der Jupiteroberfläche nur spärlich zugemessen, denn der am hellsten leuchtende erste Mond gewährt den Nächten des Jupiter nur während des sechsten Theiles seiner Umlaufszeit Mondschein. Vergleicht man zudem die Helligkeit dieses Mondscheines mit derjenigen, welche unser Mond verbreitet, so findet man, daß das Licht des innersten Jupitermondes noch nicht $\frac{1}{33}$ von demjenigen des Erdmondes ausmacht. Das Licht des zweiten Jupitermondes ist aber keine $\frac{4}{10}$, das des dritten kaum $\frac{1}{6}$, und das des vierten kaum $\frac{1}{20}$ von demjenigen des ersten. Man sieht also, daß es mit der Erleuchtung der dunklen Jupiternächte durch Mondschein gute Wege hat. Und wenn der Planet Jupiter menschenähnliche Bewohner besäße, so würden diese bei Nacht getrost im Dunkeln sitzen müssen, wenn ihnen die Gelegenheit benommen wäre, sich auf künstlichem Wege Licht zu verschaffen.

Wir gelangen nun zum Planeten Saturn, dem äußersten der den Alten bekannten Wandelsterne, der in 29 Jahren 166 Tagen 5 Stunden $16\frac{1}{2}$ Minuten seinen Umlauf um die Sonne vollbringt, und der deshalb von den Griechen „der langsame Wandelnde" genannt ward. Sein mittlerer Abstand von der Sonne beträgt 190 Millionen Meilen, der größte 200, der kleinste 179 Millionen. Der Abstand von der Erde wechselt zwischen 220 und 159 Millionen Meilen. Die Intensität des Sonnenlichtes und der

Sonnenwärme ist in der kleinsten Entfernung Saturns $\frac{6}{500}$, in der größten $\frac{5}{500}$ von derjenigen, welche in der Erdentfernung stattfindet.

An Größe steht Saturn unter allen Planeten nur dem Jupiter nach und das Gleiche gilt auch von seiner Masse. Der Aequatorialdurchmesser desselben ist nämlich 15680 geographische Meilen, dagegen mißt die Umdrehungsaxe bloß 14140 Meilen, so daß die Abplattung $^1/_{10,2}$ beträgt. Vergleicht man das Volumen des Saturn, wie es sich aus diesen Zahlen ergibt, mit dem Volumen der Erde, so findet man, daß das Saturnsphäroid unsern Erdball 687mal an Größe übertrifft. Da aber dieser ungeheure Körper nur $\frac{1}{3530}$ der Sonnenmasse hat, seine Masse also die Erdmasse bloß um das 90,5fache übertrifft, so findet sich, daß die durchschnittliche Dichte des Saturn nur $\frac{1}{7.6}$ von der mittleren Erddichte ausmacht. Das ist etwa $^4/_5$ von der Dichtigkeit des Wassers. Diese enorm geringe mittlere Dichte, die geringste, welche wir im Planetensysteme antreffen, ist überaus merkwürdig und mehr noch als beim Jupiter charakteristisch für die individuelle Natur des Saturn.

Wie beim Jupiter, so hat auch das Fernrohr bei dem Planeten Saturn die Existenz von mehreren grauen, dem Aequator parallelen Streifen gezeigt, die sich um die ganze Kugel des Planeten herumziehen und Auflösungen und Neubildungen in sehr bedeutendem Maßstabe verrathen. Die dunkleren Parthien und gewisse knotenartige Verdichtungen der Streifen haben dem großen Beobachter Wilhelm Herschel gestattet, die Rotationsdauer der Saturnskugel zu bestimmen. Er fand dafür 10 Stunden 29 Minuten 17 Secunden, so daß also die Gesammtlänge von Tag und Nacht auf dem Saturn etwas länger ist als auf dem Jupiter.

Durch eine Reihe von ähnlichen Schlüſſen, wie diejenigen, welche wir beim Planeten Jupiter zogen, gelangt man auch in Betreff des Saturn zu dem Ergebniſſe, daß die Veränderungen der grauen Streifen, ſobald dieſe, wie man wohl muß, als Gebilde von atmoſphäriſcher Natur betrachtet werden, und ſobald man ihre Bewegungen und Gleichgewichtsſtörungen auf Temperaturunterſchiede zurückführt, nicht eine Folge der Sonnenwärme ſein können, da dieſe zu ſolchen Wirkungen ſelbſt auf der Erde, bei 100mal größerer Intenſität, nicht ausreicht. Es verbleibt nur, die Quelle dieſer heftigen Bewegungen in einer relativ ſehr hohen, eigenen Wärme des Saturn zu ſuchen.

Gleichwie beim Jupiter, ſo ergibt ſich auch für den Planeten Saturn eine Schwierigkeit hinſichtlich der Deutung der grauen Streifen. Es bleibt auch hier wahrſcheinlich, daß die grauen Streifen Stellen der Planetenoberfläche bezeichnen, welche weniger dicht von Wolken überdeckt ſind; wir erblicken dort gewiſſermaßen durch dünne Wolkenſtraten hindurch auf die heiße und compaktere Centralmaſſe, auf den kleinen, gegenwärtig noch mit einer hohen Temperatur begabten Kern des Planeten.

Das Vorhandenſein einer Atmoſphäre um den Saturn kann nach dem Vorhergehenden nicht in Zweifel gezogen werden; allein es gibt auch einen Umſtand, der direct die Exiſtenz dieſer Atmoſphäre beweiſt. Gleichwie beim Jupiter und beim Mars ſind nämlich die Flecke und Streifen des Saturn niemals bis an die Ränder dieſes Planeten ſichtbar und dieſer Umſtand beweiſt, nach photometriſchen Principien erläutert, das Vorhandenſein einer Saturnatmoſphäre. Unterſtützt wird dieſer Schluß durch die Ergebniſſe der ſpectroſcopiſchen Unterſuchung. Secchi hat den Saturn in dieſer Beziehung fleißig beobachtet. Er

fand im rothen Theile seines Spectrums einen starken, völlig schwarzen Streifen. Am äußersten rothen Ende erschien das Spectrum schlecht begrenzt, und boten sich Spuren eines andern Streifens dar. Zwischen dem rothen und gelben Theile zeigte sich eine schwarze Linie, die an die D-Linie erinnert, ebenso sind die Frauenhofer'schen Linien E, b, F im Saturnspectrum sichtbar. Secchi hat festgestellt, daß der große schwarze Streifen im Roth dem Saturn eigenthümlich ist; er ist ein Absorptionsstreifen, der auf eine mächtige und dichte Umhüllung des Planeten hinweist. Es existiren im Spectrum des Saturn gewiß noch eine Menge anderer, aber feinerer Absorptionslinien, sie werden sichtbar werden, sobald die Genauigkeit und Lichtschärfe der Beobachtungsapparate sich vermehrt haben wird. Schon frühere Beobachter, besonders Cassini, legten dem Saturn eine beträchtliche Atmosphäre bei; sie wurden hierzu veranlaßt durch die Wahrnehmung, daß kleine Fixsterne eine nicht unbeträchtliche Helligkeitsabnahme zeigten, wenn sie dem Rande des Planeten nahe kamen. Diese Helligkeitsabnahme ist aber nur eine scheinbare, und entsteht durch eine Unvollkommenheit des menschlichen Auges. Ein sehr glänzender Gegenstand erzeugt nämlich auf der Netzhaut unseres Sehorgans nicht blos ein glänzendes Bildchen seiner selbst, sondern um dasselbe noch einen gewissen, mehr oder minder ausgedehnten Helligkeitsschein. Das Bild eines zweiten Gegenstandes, welches auf diejenigen Stellen der Netzhaut fällt, die von dem bezeichneten Scheine erhellt sind, kann hier offenbar nicht so intensiv über seine Umgebung hervortreten, als wenn der umgebende Theil der Netzhaut dunkel wäre. Wenn daher ein kleiner Stern auf dunklem Himmelsgrunde recht lebhaft erscheint, so muß er, wegen der angeführten

Unvollkommenheit des Auges, ſchwächer werden, ſobald er in die unmittelbare Nähe eines ſehr hellen Sternes kommt. Auf den Saturn angewandt, erkennt man ſofort, daß in der entwickelten phyſiologiſchen Eigenthümlichkeit und nicht in einer ſupponirten Saturnatmoſphäre der Grund der wahrgenommenen Helligkeitsabnahme zu ſuchen iſt. Zudem erſcheint in der Entfernung, in welcher ſich Saturn von der Erde befindet, ein Gegenſtand von 92 deutſchen Meilen unter einem Winkel von $^1/_{10}$ einer Bogenſecunde, und welche Höhe und Dichtigkeit müßte man hiernach der Saturnatmoſphäre beilegen, wenn man bedenkt, daß die alten Beobachter mit ihren langen, blasrohrähnlichen Ferngläſern einen Gegenſtand, deſſen Winkeldurchmeſſer nur $^1/_{10}$ Secunde beträgt, gar nicht ſeiner Geſtalt nach auffaſſen konnten und die Lichtabnahme der kleinen Fixſterne ſchon mehrere Secunden vom Saturnrande anfangen ließen! Der Nachweis der Exiſtenz einer Saturnatmoſphäre iſt alſo lediglich ein Verdienſt der neueren Aſtronomen. Eine Folge der ungemein geringen Dichte des Saturn, ſeiner gegenwärtig wahrſcheinlich noch beträchtlich hohen Temperatur und der großen Zahl ſeiner Monde, iſt der Umſtand, daß ſich bei dieſem Planeten noch ein Zuſtand aus der Urzeit des Sonnenſyſtems in die Gegenwart herübergerettet hat, nämlich die Exiſtenz von mehreren Ringen, welche den Planeten concentriſch umgeben. Obgleich alle gegenwärtig von Monden begleitete Planeten in grauer Vorzeit das Phänomen der Ringbildung gezeigt haben, ſo iſt Saturn doch der einzige Wandelſtern, deſſen Ringe ſich bis heute erhalten haben. Der größte Durchmeſſer derſelben beträgt 36870 Meilen, der innere Durchmeſſer 24520, alſo die Breite des Ringſyſtemes 6175 Meilen. Die Dicke desſelben läßt ſich durch

directe Beobachtungen nicht bestimmen, da sie viel zu unbedeutend ist und das ganze Ringsystem, sobald die Sonne senkrecht über der Kante desselben steht, oder wenn die Erde sich in der Ringebene befindet, verschwindet. Durch eine bedeutende Anzahl sehr genauer Beobachtungen hat Bessel indeß die Masse des Ringes bestimmen können und findet sie $\frac{1}{118}$ der Masse des Saturn selbst. Nimmt man nun die mittlere Dichte des Ringes gleich derjenigen Saturns, so läßt sich die Dicke des Ringsystems berechnen, und es ergibt sich dafür ein Werth von etwa 30 Meilen. Wahrscheinlich ist indeß die Dichte der Ringe geringer als die mittlere Dichte des Hauptplaneten und damit wird ihre Dicke etwas größer.

Das Ringsystem des Saturn erscheint uns niemals als Vollkreis, sondern nur mehr oder weniger elliptisch. Ersteres würde zeitweise der Fall sein, wenn die Neigungswinkel des Ringes mit der Ebene der Erdbahn 90 Grad betrüge, d. h. wenn die Ringebene senkrecht auf der Ebene der Ekliptik stände. In Wirklichkeit macht die Ebene der Saturnringe mit der Ebene der Erdbahn bloß einen Winkel von 28^0 10'. Der Anblick, den uns die Saturnringe darbieten, ist verschieden, je nach den Sternbildern, in welchen der Planet eben steht. Im Stiere und Skorpionen erblicken wir den Ring in seiner größten Breite, er tangirt dann etwa den Rand der Planetenscheibe in zwei Punkten; wenn dagegen der Saturn im Löwen und Wassermanne steht, so ist der Ring auf eine schmale Linie reducirt, die nur ausnahmsweise in einem sehr großen Fernrohre zu erkennen ist.

Die genauere Untersuchung des Ringsystemes hat ergeben, daß dasselbe aus einer großen Anzahl concentrischer Ringe zusammengesetzt ist, die durch mehr oder minder

große Theilungen oder Trennungsſpalten von einander geſchieden ſind. Unter dieſen iſt eine „die große Trennung", welche bereits von William Ball 1665 wahrgenommen wurde und das Ringſyſtem in zwei Haupttheile ſcheidet. Die Breite dieſer Trennung beträgt etwa 380 deutſche Meilen und der innere Ring nimmt gegen dieſe Trennung hin allmählich an Helligkeit ab, bis er nur mehr dem grauen Streifen des Planeten an Glanz vergleichbar bleibt. Wenn dieſe Trennung in unveränderter Weiſe ſchon über zwei Jahrhunderte hindurch geſehen worden iſt, ſo gilt dies keineswegs von einer größeren Anzahl ſchmälerer Trennungen, die ſeitdem mittels der vervollkommten Fernrohre entdeckt worden ſind. Die Beobachtungen des älteren Herſchel haben zuerſt dieſe wichtige Thatſache ſichergeſtellt. Im Juni 1780 ſah dieſer berühmte Aſtronom auf dem weſtlichen Ringhenkel eine Anzahl feiner Theilungen, die er auf der andern Hälfte nicht erkennen und auch ſpäter nicht wiederfinden konnte. Fünfundvierzig Jahre ſpäter bemerkte Kapitän Kater auf der äußeren Ringfläche eine Anzahl von Trennungen, die ebenfalls nur von kurzer Dauer waren. Die Trennungsſpalte, welche Encke am 25. April 1837, wiederum auf der Fläche des äußeren Ringes wahrnahm, iſt früher nie von anderen Beobachtern geſehen worden, obgleich ſie $^9/_{10}$ Secunde von der großen Trennung entfernt iſt und ein Drittel der Breite dieſer letzteren, alſo 120 bis 130 Meilen Durchmeſſer beſitzt. De Vico in Rom hat die Encke'ſche Trennung häufig geſehen, ſie erſchien ihm ebenſo dunkel als die große Spalte, aber zu gewiſſen Zeiten war ſie trotzdem nicht ſichtbar. Derſelbe Aſtronom hat auch auf der innern Ringfläche eine Anzahl ſehr feiner Theilungen entdeckt, die ebenfalls blos zu Zeiten ſichtbar waren. Bond hat

mit dem Rieſenfernrohre der Sternwarte zu Cambridge den Saturn anhaltend unterſucht und eine Anzahl von ſchwachen Trennungslinien bemerkt, von denen es im Einzelnen ſchwer iſt, ſie mit den früher wahrgenommenen zu identificiren. Alles deutet darauf hin, daß die Ringe des Saturn ſich in einer Art flüſſigen Zuſtandes befinden und von Zeit zu Zeit an verſchiedenen Punkten brechen oder ſich trennen. Das wird auch durch neuere Wahrnehmungen von Carpenter beſtätigt, der im Jahre 1863 darauf aufmerkſam machte, daß Saturn ſeit einiger Zeit den Anblick darbiete, als wenn einer ſeiner Ringe brechen wolle, oder als wenn ein dunkler Ring zu einem leuchtenden werde. Otto Struve glaubt an eine fortwährende Verengerung des Saturnringes, doch geſtatten bis jetzt die Meſſungen noch keinen ſicheren Anhaltspunkt, um die Frage zu entſcheiden. Um die Mitte Novembers 1850 ſah G. P. Bond zwiſchen der innerſten Ringkante und der Oberfläche des Saturn einen neuen, ſchwachen, faſt durchſichtigen Ring, der von nebeliger Natur zu ſein ſcheint. Nach den Mikrometermeſſuugen Secchi's würde dieſer Nebelring kaum 1200 Meilen von dem nächſten Punkte der Oberfläche des Saturn entfernt ſein. Dieſer merkwürdige Ring iſt, wie ſich nachträglich ergeben hat, ſchon von Pound und Hadley mit ihren unvollkommenen Inſtrumenten geſehen worden, woraus man mit einiger Wahrſcheinlichkeit den Schluß ziehen kann, daß derſelbe in den letzten hundert Jahren beträchtlich lichtſchwächer geworden ſei. Die Anſicht, daß das Syſtem der Saturnringe beträchtlichen inneren Veränderungen unterworfen ſei, wird auch durch die merkwürdigen, zeitweiſen Verbiegungen desſelben unterſtützt. Dieſe Verbiegungen ſind bisweilen ſo beträchtlich, daß, wie die Beobachtungen

von Caſſini, Herſchel und anderen beweiſen, nicht ſelten nur eine einzige Ringanſe ſichtbar iſt. Schröter hat im Jahre 1774 eine Anzahl heller Punkte auf der ſchmalen Ringkante wahrgenommen, die ihre Lage innerhalb einer achtſtündigen Beobachtungszeit nicht veränderten. In den Monaten Februar, März und April 1862 hat Schwabe den Saturn und ſeine Ringe andauernd unterſucht. Während dieſer ganzen Zeit war faſt unausgeſetzt eine von Weſt nach Oſt ſich kugelförmig verſchmälernde Geſtalt des Ringes ſichtbar und Schwabe ſchloß hieraus, ebenſo wie früher Schröter aus ſeinen Wahrnehmungen, daß die Saturnsringe nicht rotiren. Eine ſolche Annahme iſt ſchwer mit den Geſetzen der allgemeinen Anziehung zu vereinigen, vielmehr müßte in dieſem Falle das ungeheure Ringgewölbe längſt auf den Planeten herabgeſtürzt ſein. William Herſchel hat im Jahre 1790 aus ſeinen Beobachtungen von bergartigen Erhöhungen auf der Fläche der Saturnringe hingegen das Reſultat abgeleitet, daß ſich dieſe in einem Zeitraume von 10 Stunden 32¼ Minuten einmal um ihren Centralkörper herumſchwingen. Dieſes Ergebniß ſtimmt ſehr nahe mit dem Reſultate überein, welches man erhält, wenn man die Umlaufszeit berechnet, die ein Saturnmond haben müßte, wenn er in demſelben Abſtande wie die Mitte des Ringes den Saturn umkreiſte. Dieſe Umlaufszeit ergibt ſich zu 11 1/10 Stunden, alſo nahe genug mit dem Herſchel'ſchen Reſultate übereinſtimmend. Man würde eine noch beſſere Uebereinſtimmung erhalten, wenn man ſich die ſehr wahrſcheinliche Annahme geſtattet, daß die Ringe bezüglich ihrer Maſſenvertheilung im Innern nicht ſymmetriſch ſind. Es iſt höchſt wahrſcheinlich, daß die Ringe des Saturn verhältnißmäßig noch nicht alt und gegenwärtig noch in einem

heißflüßigen Zuſtande ſind. Nachdem was wir gegenwärtig von der Entſtehungsgeſchichte des Sonnenſyſtems wiſſen, können wir ſchließen, daß die Ringe, indem ſie ſich fortwährend abkühlen, ſich zuſammenziehen und dabei an Rotationsgeſchwindigkeit zunehmen werden, bis ſie endlich zerreißen und einem neuen Monde ſein Daſein geben.

Was die Stellung des Ringſyſtems zu dem Planeten anbelangt, ſo bringt es letzteren hinſichtlich der Erleuchtung durch die Sonne in eine ſehr üble Lage. Denn nicht nur iſt der Schein, den der Ring dem Planeten gewährt, nur ſehr gering, ſondern er findet zudem auch dann ſtatt, wenn er am wenigſten nothwendig iſt, nämlich in den kurzen Sommernächten. Zur Winterszeit hingegen raubt das Ringſyſtem dem Saturn einen beträchtlichen Theil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinſterniſſe, die mehrere Erdenjahre hindurch dauern. Unter 23½ Grad der Breite auf dem Saturn, verurſacht der Ring, daß während 10 Erdenjahren zur Winterszeit kein Strahl der Sonne ſichtbar iſt. Wenn daher der Ring einen ſpeziellen Zweck hat, ſo iſt es ſicherlich nicht der, dem Saturn einen Erſatz für das ſchwache Sonnenlicht zu verſchaffen, und während wir Menſchen von der Erde aus den Saturnring als eine Zierde des Planetenſyſtemes bewundern, würden wir, falls es möglich wäre, daß wir die Saturnkugel bewohnen könnten, alle Urſache haben, die Exiſtenz dieſes Ringes zu bedauern — ein neuer Beweis, daß die Anforderungen menſchlicher Bequemlichkeit beim Baue des Planetenſyſtems nicht berückſichtigt worden ſind.

Die acht Monde, die man mit Sicherheit bis heute als zum Gefolge des Saturn gehörig erkannt hat, haben hier für uns nur eine geringe Bedeutung, da wir über ihre Individualität ſo gut wie nichts wiſſen. Mit Ausnahme der Bahnelemente, beſonders des ſechſten Saturn-

mondes, wiſſen wir von dieſem Trabantenſyſteme ſo gut wie gar nichts; man kennt weder die Durchmeſſer, noch die Maſſen der Saturnſatelliten, ſelbſt die Theorie ihrer Bewegungen iſt gegenwärtig nur höchſt unvollkommen entwickelt. Eine merkwürdige, ſchon von Caſſini und Maraldi bemerkte, und auch von Herſchel und Schröter beſtätigte Thatſache iſt das beinahe völlige Verſchwinden des achten Saturnmondes im öſtlichen Theile ſeiner Bahn. Dieſe Wahrnehmungen erinnern an ein ähnliches Verhalten der Jupitermonde, deſſen bereits im Vorhergehenden gedacht wurde.

Auf den Saturn folgt in einem Abſtande von 383 Millionen Meilen von der Sonne der Planet Uranus, den William Herſchel zuerſt am 13. März 1781 auffand. Seine größte Entfernung von der Sonne beträgt 400, ſeine geringſte 365 Millionen Meilen; die Abſtände von der Erde variiren zwiſchen 419 und 343 Millionen Meilen. Die Umlaufszeit des Uranus iſt 84 Jahre 5 Tage 19 Stunden 42 Minuten. Von der Sonne wird dieſer entfernte Planet nur ſchwach erleuchtet und erwärmt. Nimmt man die Stärke des Sonnenlichtes für die Erde zur Einheit, ſo empfängt Uranus höchſtens nur $^1/_{400}$ desſelben. Trotzdem iſt dieſes Sonnenlicht auf dem Uranus noch heller als das vereinigte Licht von anderthalbtauſend Vollmonden!

Uranus gehört zu den großen Planeten, denn ſein mittlerer Durchmeſſer beträgt 7500 Meilen. Dem Volumen nach übertrifft er die Erde 87mal, da aber ſeine Maſſe nur 15- bis 16mal größer iſt als die Erdmaſſe, ſo beträgt ſeine mittlere Dichte etwa $^1/_5$ bis $^1/_6$ der mittleren Dichte der Erde. In dieſer Beziehung übertrifft alſo Saturn den Uranus noch um ein Geringes, da ſeine mittlere Dichte $^1/_7$ der Erddichte iſt. Die Scheibe des Uranus erſcheint gleichförmig und düſter, nur ein einziges

Mal hat Laſſell mit Hilfe ſeines großen Spiegeltelescops einen dunklen Aequatorialgürtel wahrnehmen können. Dieſe Beobachtung, im Vereine mit der geringen Dichte, genügt, um auch den Uranus als einen Planeten zu kennzeichnen, der noch nicht erſtarrt, ſondern in geringem Grade ſogar ſelbſtleuchtend iſt. Die photometriſchen Unterſuchungen beſtätigen dies vollkommen, ſie ergeben für Uranus eine mittlere, lichtreflectirende Kraft von $^3/_5$, faſt gleich derjenigen des weißen Papiers. Auch die Spectralanalyſe beſtätigt die Schlüſſe, bezüglich des heißflüſſigen Zuſtandes dieſes Planeten. Secchi hat im März 1869 zuerſt das Spectrum des Uranus beobachtet und gefunden, daß es durch ſeine bedeutenden Abſorptionsbanden eine beträchtliche Abweichung von dem allgemeinen Typus des Planetenſpectren darbietet. Im März 1870 hat Vogel das Uranusſpectrum ebenfalls genau unterſucht. Auch er fand dasſelbe von eigenthümlichen Abſorptionslinien durchzogen. Die Meſſungen dieſes Aſtronomen ergaben, daß die Mitte eines dunkeln Bandes ſehr genau mit der Linie F des Sonnenſpectrums zuſammenfällt. Ein anderer ſehr breiter, dunkler Streifen coincidirt mit einem durch unſere Atmoſphäre hervorgebrachten, bei tiefem Stande der Sonne bemerkbaren Abſorptionsſtreifen, ebenſo ein breiter aber ſchwacher Streifen, der hinter der F-Linie ſichtbar iſt. Der Beobachter Vogel, von der Anſicht ausgehend, daß in der Atmoſphäre des Uranus — deren Exiſtenz durch das Vorhandenſein von Abſorptionsſtreifen im Spectrum ſicher nachgewieſen iſt — niedere Sauerſtoffverbindungen des Stickſtoffs exiſtiren könnten, hat die Lage der Abſorptionsſtreifen, welche derartige Verbindungen im Spectrum zeigen, genauer beſtimmt. Es ergab ſich jedoch keine genügende Uebereinſtimmung mit den Streifen im Spectrum des Uranus.

Da bis jetzt keine eigentlichen Flecken auf der Scheibe dieſes Planeten wahrgenommen worden ſind, ſo läßt ſich über die Umdrehungszeit desſelben nichts ſagen. Daß indeß dieſer Planet ſich ziemlich ſchnell um ſeine Axe drehe, wird aus der, ſchon von Wilhelm Herſchel erkannten, aber erſt von Mädler genauer beſtimmten Abplattung unzweifelhaft. Nach dem letztgenannten Beobachter beträgt die Größe dieſer Abplattung faſt $^1/_{10}$, und man muß daraus ſchließen, daß die Umdrehungsdauer nicht kürzer als $7^1/_4$ und nicht länger als $12^1/_4$ Stunden iſt. Der Fall der Körper an der Oberfläche des Uranus beträgt in der erſten Secunde $13^1/_2$ Fuß, iſt alſo um $^1/_{10}$ geringer als auf der Erdoberfläche und ebenſo iſt auch das Gewicht der Körper dort um $^1/_{10}$ geringer als bei uns, d. h. ein Pfund auf der Erde würde, mit einer Federwage gewogen, auf dem Uranus nur $^9/_{10}$ Pfund wiegen.

Den Uranus umkreiſen vier Monde, die äußerſt klein und lichtſchwach ſind. Herſchel hat nur die hellſten davon ſehen können und bezeichnete dieſe als die feinſten Lichtpunkte, die er jemals am Himmel wahrgenommen habe. Dieſe kleinen Monde würden für uns kaum ein Intereſſe beanſpruchen können, wenn ſie nicht die merkwürdige Anomalie darböten, daß ihre Bahnebene nahezu ſenkrecht auf der Bahnebene des Uranus ſtehe. Man muß daraus, nach Analogie mit den Monden der übrigen Planeten ſchließen, daß auch der Aequator des Uranus faſt ſenkrecht auf der Ebene der Bahn dieſes Planeten ſteht und daß die Umdrehungspole etwa in der Bahnebene ſelbſt liegen. Dieſer Umſtand bewirkt die merkwürdigſten Abweichungen von der gewöhnlichen Ordnung der klimatiſchen Verhältniſſe, welche wir bei den Planeten gefunden haben. Denn auf dem Uranus iſt keineswegs der Abſtand

eines Ortes vom Aequator für die klimatiſchen Verhältniſſe desſelben von Wichtigkeit, ſondern jeder Ort ohne Ausnahme hat die nämlichen klimatiſchen Verhältniſſe wie ein anderer; ſowol die Aequatorealgegenden, als die Pole haben die Sonne im Laufe eines Uranusjahres zweimal im Scheitelpunkte. Beim Frühlings- und Herbſtanfange, wenn die Sonne ſenkrecht über dem Aequator des Planeten ſteht, müſſen allenthalben auf der Oberfläche des Uranus Tag und Nacht an Dauer einander gleich ſein. Sobald aber die Sonne vom Aequator abzuweichen beginnt, ändert ſich dies, ſelbſt für die Aequarialgegenden ſehr bald, die Unterſchiede in der Dauer der Tage und Nächte werden immer größer. Ich gebe in der folgenden Tabelle die Dauer des längſten Tages für die verſchiedenen uranographiſchen Breiten.

Breite	Dauer des längſten Tages.
5°	$2^1/_3$ Jahre
10	$4^7/_{10}$ "
15	7 "
20	$9^1/_3$ "
25	$11^7/_{10}$ "
30	14 "
35	$16^1/_3$ "
40	$18^7/_{10}$ "
45	21 "
50	$23^1/_3$ "
55	$25^7/_{10}$ "
60	28 "
65	$30^1/_3$ "
70	$32^7/_{10}$ "
75	35 "
80	$37^1/_3$ "
85	$39^7/_{10}$ "
90	42 "

Abgeſehen von der geringen Intenſität der Sonnenwärme auf dem Uranus und dem heißflüſſigen Zuſtande dieſes

Planeten überhaupt, würde die überaus ungünstige Lage seiner Rotationsaxe zur Bahnebene und die daraus resultirenden, excessiven klimatischen Verhältnisse diesen Planeten für einen Aufenthaltsort des Menschen viel ungeeigneter machen als jeden anderen Wandelstern.

Neptun, „der errechnete Planet", läuft in einer Entfernung von 600 Millionen Meilen um die Sonne, welche ihn bloß mit $^1/_{1000}$ der Lichtintensität erleuchtet, die der Erde zu Theil wird. Um diese Erleuchtung mit etwas Bekanntem zu vergleichen, will ich hervorheben, daß sie mehr als 10mal schwächer ist, wie die Erleuchtung der Erdoberfläche, wenn der untere Rand der Sonnenscheibe den Horizont gerade berührt. Wenn die lichtreflektirende Kraft des Neptun nicht größer wäre als diejenige der Erde, so würde er uns blos als ein Stern 11. oder 12. Größe erscheinen, während er in Wirklichkeit etwa von der achten Größe ist. Die Weiße dieses Planeten ist also eine bedeutend größere wie die der Erde, sie beträgt fast $^1/_2$ und deutet darauf hin, daß auch der Neptun gegenwärtig noch heißflüssig und von einer wolkenbedeckten Atmosphäre umhüllt ist. Das bestätigt auch die geringe Dichte, die bei einem Durchmesser des Planeten von 7800 Meilen, etwa $^1/_8$ beträgt, also der Dichte des Uranus gleichsteht. Eine Abplattung des Planeten ist bisher beim Neptun nicht wahrgenommen worden, seine Umdrehungsdauer muß also auf jeden Fall langsamer sein wie diejenige des Jupiter, Saturn oder Uranus. Das Spectrum des Neptun enthält äußerst beträchtliche Absorptionsstreifen, besonders im Roth. Es findet also bei diesem Planeten eine starke Verschluckung der rothen Sonnenstrahlen statt und man wird zu der Vermuthung gedrängt, daß dieser Planet von einer mächtigen nebelartigen oder wolkigen Hülle umgeben ist. Secchi

glaubt ſogar in ſeinem großen Telescope die nebelige Begrenzung des Neptun deutlich wahrnehmen zu können, indem dieſer Planet verwaſchene Ränder zeigt, während z. B. die Scheibe des Mars ſehr ſcharf abſchneidet. Uebrigens haben andere Beobachter mit gleich guten Fernrohren nichts Derartiges wahrgenommen.

Neptun beſitzt einen Mond, der ihn in 5 Tagen 21 Stunden 4 Minuten einmal umkreiſt. Von dieſem Trabanten weiß man nur, daß er viel heller und wahrſcheinlich auch größer ſein muß als die Uranusmonde.

Wir haben nun das ganze Planetenſyſtem durchwandert, denn Neptun bezeichnet nach unſeren dermaligen Kenntniſſen die Grenze der planetariſchen Welt des Sonnenſyſtems. Wir haben auf dieſer langen Wanderung die verſchiedenartigſten Verhältniſſe angetroffen, aber im Ganzen doch nur geringe Aehnlichkeiten mit den Zuſtänden, welche unſere Erde darbietet. Selbſt der Planet Mars, der unter allen unſerem Weltkörper am ähnlichſten iſt, bietet ſo viele Abweichungen von den Zuſtänden unſerer Erde dar, daß auch er ſeine Individualität vollkommen bewahrt, und daß wir Menſchen, falls wir plötzlich auf dieſen Weltkörper verſetzt würden, ſicherlich im Laufe der Jahre beträchtliche körperliche Abänderung erleiden müßten, um uns den dortigen Verhältniſſen anzupaſſen. Von den äußeren, den großen Planeten, können wir überzeugt ſein, daß ſie in ihrer dermaligen Verfaſſung durchaus nicht im Stande ſind, organiſches Leben an ihrer Oberfläche zu beherbergen. Trotzdem daß dieſe gewaltigen Weltkörper lange vor den inneren, kleinen Planeten ein ſelbſtſtändiges Daſein erhielten, haben dieſe letzteren dennoch weit früher dasjenige Stadium der Entwickelung erreicht, welches als Grundlage für die Exiſtenz lebender Weſen nothwendig

ist. Hätten sich bei der Bildung des Planetensystems stets Weltkörper von der Größe des Jupiter oder Uranus aus den Nebelringen condensirt, so würde noch heute kein einziger dieser Planeten in bewohnbarem Zustande sein. Aber die Nothwendigkeit, daß bei großer Annäherung an den Centralpunkt des rotirenden Nebelballes die sich abtrennenden Ringe stets eine weit geringere Stoffmenge für sich in Anspruch nehmen konnten wie Anfangs als die Peripherie der Urnebelmasse eine sehr große war, bedingte die Bildung von verhältnißmäßig kleinen Planeten in der Nähe der Sonne und ermöglichte dadurch gleichzeitig eine schnellere Erkaltung dieser jüngsten Bildungsprodukte gegenüber den älteren. Wenn wir daher organisches Leben in der planetarischen Welt suchen wollen, so weisen uns alle Verhältnisse auf die Regionen in der nähern Umgebung der Sonne und man kann mit großem Rechte die Zone der Asteroiden oder kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter als eine Grenzlinie bezeichnen, welche die Planeten, denen man die Möglichkeit organisches Leben zu beherbergen, beilegen muß, von denen scheidet, bei welchen dies nicht der Fall ist.

VII.

Die genaue Kenntniß der physikalischen Zustände des ungeheuren Sonnenballes hat unter allen Kenntnissen der Zustände himmlischer Körper im unermeßlichen Raume für den Erdenbewohner das höchste Interesse. Nicht allein die Existenz der Erde als eines selbstständigen Planeten, hängt von der Sonne ab, insofern die Erde dem mütterlichen Sonnenkörper ihr Dasein verdankt, indem sie aus der Sonnenmasse entsprungen ist und im Laufe der Jahrmyriaden wieder dorthin zurückkehren wird, glühend zu enden, wie sie glühend begann; sondern die ganze Existenz des Menschengeschlechtes hängt direct von den physikalischen Zuständen der Sonne ab, in einer Weise, welche man früher nicht ahnte, die aber heute durch die fortschreitende Wissenschaft klargestellt worden ist. Heute ist mit Bestimmtheit nachgewiesen, daß alle mechanische Kraft, welche Sie auf der Erde thätig sehen, die Kraft des Wassers, welche das Rad der Mühle treibt, die Kraft der bewegten Luftmassen, die Kraft des Dampfes, welche den schwerbeladenen Güterzug mit Sturmeseile über den eisernen Schienenweg davonführt, die Kraft des Lastthieres, das geduldig vor dem Karren einhergeht, wie die Kraft des

edlen Roſſes, das ſeinen Reiter davonträgt, die Kraft des Menſchen endlich, die zu jeder körperlichen wie geiſtigen Thätigkeit aufgewendet wird: daß alle und jede mechaniſche Kraft von der Sonne herſtammt, mit den leuchtenden und wärmenden Sonnenſtrahlen auf unſern dunkeln und kalten Erdball herabgekommen iſt. Alle Kraft, mag ihr Ausdruck ſein wie er will, kann in Wärme umgeſetzt werden, und geht auch ſchließlich in Wärme über. Die Wärme ſelbſt kann ihrerſeits wieder in jede Art von Kraft verwandelt werden, wie ſich gegenwärtig durch eine Menge von Beiſpielen nachweiſen läßt. Ich will hier nur an einigen Beiſpielen zeigen, wie eine Kraftart alle übrigen hervorrufen, d. h ſich in dieſe verwandeln kann. Dieſes Beiſpiel bezieht ſich auf einen Verſuch, den ſchon vor 20 Jahren der engliſche Naturforſcher Grove bei ſeinen Vorleſungen anzuſtellen pflegte. Zu dieſem Ende wird eine präparirte Daguerreotypplatte in einem mit Waſſer gefüllten Kaſten, der vorn ein Glas mit einem Schiebladen darüber beſitzt, eingeſchloſſen. Zwiſchen dem Glaſe und der Platte befindet ſich ein roſtförmiges Silberdrahtgeflecht, und die Platte iſt mit dem einen Ende der Umwickelungen eines Galvanometers und der Drahtroſt mit einem Ende einer Breguet'ſchen Spirale — einem zierlichen Inſtrumente, beſtehend aus zwei zu einer Spirale geformten zuſammengelötheten Metallen, deren Ungleichheit in der Ausdehnung die geringſten Temperaturwechſel erkennbar macht — verbunden, während ein Draht die beiden anderen Enden des Galvanometers in der Spirale vereinigt. Die Nadeln ſind auf Null gebracht. Sobald nun einem Strahle, ſei es Tageslicht oder Oxyhydrogenlicht, durch Aufheben des Schiebladens geſtattet wird, auf die Platte zu fallen, werden die Nadeln ſofort abgelenkt.

So erhalten wir aus dem Lichte als anfänglicher Kraft: chemiſche Thätigkeit auf der Platte, Electricität durch die Drähte fließend, Magnetismus in den Umwindungen des Galvanometers, Wärme in der Spirale und Bewegung bei den Nadeln. Mohr gibt folgendes Beiſpiel von der Umwandlung der Kraftarten an. Vermöge der mechaniſchen Kraft des Armes reißt man die Inductionsrolle von einem Magneten los, es entſteht in dem darum geſchlungenen Schraubendrahte ein electriſcher Strom, welcher bei Unterbrechung als Funke, oder bei verengerter Leitung als glühender Draht (Wärme und Licht) erſcheint. Derſelbe erregt magnetiſche Polarität, wenn er als Schraubendraht um eine Stahlnadel geleitet wird; er zerſetzt das Waſſer, wodurch er geleitet wird, und hebt zugleich ſeine Affinität und Cohäſion auf, und da nun der dünne Platindraht, die Ampère'ſche Schraube und der Waſſerzerſetzungsapparat gleichzeitig in derſelben Kette eingeſchloſſen ſein können, ſo leuchtet ein, wie die Kraft des Armes unter verſchiedenen Verhältniſſen als Wärme, Licht, chemiſche Affinität, Magnetismus und Cohäſion zum Vorſchein gekommen iſt. Es iſt eine noch nicht durch experimentale Unterſuchung beantwortete Frage, ob die verſchiedenen Kraftarten, welche wir in der Natur kennen gelernt haben, nicht auf eine einzige Kraft in letzter Inſtanz zurückgeführt werden müſſen; wenn man aber die Natur von philoſophiſchem Standpunkte aus betrachtet, ſo wird man geneigt, dieſe Frage unbedingt zu bejahen. Gegenwärtig können wir durch Verſuche nachweiſen, daß ſich in manchen Fällen die Thätigkeit einer Kraft durch Bewegung und allein nur durch ſie äußert; nach unſeren Denkgeſetzen kann dies auch in denjenigen Fällen, wo wir es nicht nachweiſen können, durchaus nicht anders ſein. Wir

können demnach Kraft als dasjenige definiren, was sich durch Erzeugung von Bewegung äußert. Wir finden allenthalben im ganzen Universum Bewegung, bald Massenbewegung, bald Molekularbewegung und wir werden auch keine Ruhe erwarten können, weil dort wo Ruhe herrscht, keine Kraft sein kann und anderseits eine Materie ohne Kraft sich unserm Vorstellungsvermögen entzieht. Wenn aber kein realer Körper ohne Kraft gedacht werden kann, so folgt hieraus der Schluß, daß Bewegung eine allgemeine physikalische Eigenschaft der Körper ist. Die Körperwelt besaß also stets Bewegung und man gibt sich einem, meist in falscher oder unvollständiger Induction begründeten Vorurtheile hin, wenn man sich die Ruhe als den ursprünglichen, gewissermaßen natürlichen Zustand der im Raume befindlichen Objekte denkt. Es ist daher nicht allein, wie Cornelius hervorhebt, auch eine ursprüngliche Bewegung denkbar, sondern man muß eine solch' ursprüngliche, ursachlose Bewegung in größter Allgemeinheit annehmen. Ein einmal ruhender Körper kann allerdings nicht mehr aus sich selbst in den Zustand der Bewegung übergehen und ebensowenig kann eine vorhandene Bewegung aus sich selbst heraus modificirt werden: das ist es eben und nur das, was das Gesetz der Trägheit ausspricht; aber die Möglichkeit, ja die Nothwendigkeit einer ursprünglichen, ursachlosen Bewegung wird durch dieses physikalische Gesetz in keiner Weise alterirt, ja sie hat damit nichts zu thun.

Ich habe eben hervorgehoben, daß Bewegung als eine allgemein physikalische Eigenschaft der Körper betrachtet werden müsse; dies könnte auf den ersten Blick paradox erscheinen, wenn Sie daran denken, was gewöhnlich in den physikalischen Lehrbüchern als allgemeine Eigenschaften der Körper aufgezählt wird, wie z. B. Ausdehnung, Undurch-

dringlichkeit, Theilbarkeit, Schwere, ꝛc. Allein das, was man in diesen Lehrbüchern zu den allgemeinen physikalischen Eigenschaften der Körper zu zählen pflegt, ist weit entfernt dies auch zu sein. Die Schwere z. B. ist nichts anderes als eine Wirkung der gegenseitigen Anziehung der Körper aufeinander. Wir beobachten diese allerdings allenthalben, selbst in den entferntesten Himmelsräumen; allein ist die gegenseitige Anziehung deßhalb auch eine allgemeine Eigenschaft der Materie als solcher? Ich denke Nein, und behaupte, sie ist blos ein secundärer Effect. Wenn wir uns zwei Körper in einem absolut leeren Raume und völlig unbeeinflußt von anderen Körpern denken, so zwingt uns keine einzige Erfahrung auf dem ganzen Gebiete der Physik zu der Annahme, diese beiden Körper würden sich gegenseitig anziehen, noch ist eine solche Anziehung im Geringsten wahrscheinlich. Ja, unsere Vernunft sträubt sich mit Recht gegen den unlogischen Schluß, die beiden angenommenen Körper würden auch nur den allerunbedeutendsten Einfluß auf einander ausüben. Die Anziehung findet statt, durch den mit irgend einem Medium — das gewöhnlich aber sehr unbestimmt Aether genannt wird — erfüllten Raum. Die Art und Weise, wie sie sich offenbart, kennen wir in den Gesetzen der Massenattraction; die Art und Weise dagegen, wie sie sich physisch vollzieht, ist unserm Sehen entrückt. Man spricht bei der Anziehung von Fernwirkung, aber in dem bisher damit verbundenen Sinne jedenfalls mit großem Unrechte. Denn es ist völlig unbewiesen, anzunehmen, daß die anziehenden Körper da ihre wirkliche Grenze haben, wo wir sie nicht mehr sehen und nicht mehr fühlen können.

Wenn wir zurückgehen auf die Urzeiten, in denen die Bewegung die einzige Kraftäußerung der Materie war

ſo ergibt ſich bei einiger Ueberlegung leicht, daß dieſe Kraftäußerung zunächſt, d. h. immerhin im Verlaufe eines unbeſtimmt großen Zeitraumes, zu Wärmeerſcheinungen führen mußte, d. h., ganz oder zum Theile ſich in Wärmeerſcheinungen umſetzte, weil die natürlichſte und vollſtändigſte Umſetzung der Bewegung eben die in Wärme iſt. Durch dieſe Umſetzung der urſprünglichen Bewegung der Materie in Wärme entſtand nun der glühende Gasball, dem unſer Sonnenſyſtem ſein Daſein verdankt. In dieſem wurde die urſprüngliche Bewegung ganz in Wärme umgeſetzt. So lange die einzelnen Planeten von dieſer urſprünglichen Gluth noch nennenswerthe Ueberreſte beſaßen, waren ſie für ſich ſelbſt Quellen phyſiſcher Kraft. Nachdem aber die Gluth erloſchen war, blieben ſie auf die Sonne als einzige Quelle dieſer Kraft angewieſen. Für die Erde iſt ſchon bereits ſeit Millionen von Jahren die Kraftloſigkeit, welche aus dem Mangel eigener Wärme reſultirt, eingetreten, für ſie iſt daher die Sonne die einzige Kraftquelle. Der Strom dieſer Kraft, ſagt Robert Mayer, der ſich über unſere Erde ergießt, iſt die beſtändig ſich ſpannende Feder, die das Getriebe irdiſcher Thätigkeiten im Gange hält. Bei der großen Menge von Kraft, welche unſere Erde in den Weltenraum als wellenförmige Bewegung fortwährend hinausſchickt, müßte ihre Oberfläche, ohne beſtändigen Wiedererſatz, alsbald in Todeskälte erſtarren. Das Licht der Sonne iſt es, welches in Wärme verwandelt, die Bewegungen in unſerer Atmoſphäre bewirkt, und die Gewäſſer zu Wolken in die Höhe hebt und die Strömung der Flüſſe hervorbringt; die Wärme, welche von den Rädern der Wind- und Waſſermühlen unter Reibung erzeugt wird, dieſe Wärme iſt der Erde von der Sonne aus in Form einer vibrirenden Bewegung zugeſendet worden.

Die Natur hat ſich die Aufgabe geſtellt, das der Erde zuſtrömende Licht im Fluge zu haſchen, und die beweglichſte aller Kräfte, in ſtarre Form umgewandelt, aufzuſpeichern.

Um ſich von der ungeheuren Menge phyſiſcher Kraft, die von der Sonne jeden Tag auf den Erdball herabſtrömt, einen annähernden Begriff zu machen, will ich bemerken, daß ſie der mechaniſchen Arbeit von mehr als 70000 Millionen Dampfmaſchinen, deren jede 1000 Pferdekraft hat, gleich iſt. Wir können uns dieſe Kraftmenge, welche von der Sonne auf die Erde ſtrömt, nur unvollkommen vorſtellen; aber man kann recht gut begreifen, daß, wenn die Sonne nicht in jeder Secunde der Erde neue Kraftmengen in Geſtalt von leuchtenden und dunklen Wärmeſtrahlen zuſendete, es bald mit unſern phyſiſchen Kräften hier unten am Ende ſein würde. Zwar beſitzen die Pflanzen die merkwürdige Eigenſchaft, den flüchtigen Sonnenſtrahl feſtzuhalten, und ſeine Kraft als chemiſche Differenz aufzuſpeichern; allein dieſe Vorräthe von Kraft, welche wir in den Kohlenlagern beſitzen, würden wohl bald aufgezehrt ſein, wenn wir ausſchließlich auf ſie angewieſen würden. Die Sonne muß immer neue Kraftmengen herabſenden, mit dem letzten Sonnenſtrahle würde der Anfang vom Ende alles Lebens und jeder Bewegung auf Erden da ſein.

Allein ſo groß auch die Kraftmengen ſind, welche die Sonne der Erde ſpendet, im Vergleiche zu der ungeheuren mechaniſchen Kraft, die ſie überhaupt in jeder Secunde in den Weltraum hinausſendet, erſcheinen ſie doch nur wie ein verſchwindend geringer Bruchtheil. Die geſammte Wärmeſtrahlung der Sonne in jeder Secunde iſt nämlich 2300 Millionen mal größer, als diejenige Wärme, welche die Erde empfängt. Drückt man die

jährliche Wärmeſtrahlung der Sonne durch die Verbrennungswärme aus, welche die beſte Steinkohle liefert, ſo ergibt ſich, daß die Sonne jährlich ſo viel Wärme ausſtrahlt als durch die Verbrennung von 90 Kugeln reiner Kohle, jede ſo groß, als unſer ganzer Erdball, erzielt würde!

Bei dieſen ungeheuren Ausgaben von Wärme und mechaniſcher Kraft, die bereits ſeit ungezählten Jahrmillionen andauern, iſt die Frage nach der Zeitdauer, für welche ſie noch ferner andauern werden und können, eine ſehr natürliche. Die Quelle, aus der all' dieſe Wärme ſtammt, der urſprüngliche Ballungsproceß der Materie, haben wir aufgedeckt, indem wir die Entſtehung des Sonnenſyſtems erforſchten und logiſch erfaßten. Die Frage nach der Dauer der Wärmeſpenden der Sonne habe ich ebenfalls ſchon bei unſern allgemeinen Betrachtungen über die Dauer des Weltſyſtems im allgemeinen und des Sonnenſyſtems im beſondern erwähnt. Indem wir nun die phyſiſchen Zuſtände des ungeheuren Sonnenballes näher in's Auge faſſen, gewinnen wir neue Geſichtspunkte, aus denen wir dieſe Frage anzuſehen haben. So viel will ich indeß hier ſchon bemerken, daß ſpezielle Reſultate über die Zeitdauer, während deren die Sonne noch leuchten wird, gegenwärtig durchaus nicht zu erhalten ſind. Dagegen kann man behaupten, daß die Sonne bezüglich ihrer phyſikaliſchen — glühenden — Zuſtände gegenwärtig noch ein gewiſſes Ausſehen von Jugend und Kraft beſitzt, welches ihr noch eine ſehr lange Dauer des Leuchtens und Wärmens verheißt.

Das Centrum der Sonnenkugel befindet ſich vom Centrum der Erde in einem mittleren Abſtande von 19900000 geographiſchen Meilen. Der Durchmeſſer der

Sonne beträgt 185000 geogr. Meilen. Ihr Volum iſt alſo 1250000mal größer als das Volum des Erdballes und umfaßt daher 3313 Billionen Kubikmeilen. Da nun die Maſſe der Sonne 320000mal die Erdmaſſe übertrifft, ſo ergibt ſich die durchſchnittliche Dichte des Sonnenballes zu $\frac{254}{1000}$ der mittleren Erddichte. Schon dieſe geringe mittlere Dichte der Sonne beweiſt, daß ſie nicht aus feſten Stoffen beſtehen kann, ſondern daß in ihrer Conſtitution der flüſſige und gasförmige Zuſtand vorherrſchen müſſe. Inzwiſchen hat man erſt in der neueſten Zeit auf dieſen Umſtand einiges Gewicht gelegt, nachdem durch andere Thatſachen der glühend-flüſſige und glühend-gasförmige Zuſtand der Sonne nachgewieſen war. Bis dahin hielt man den überwiegend größten Theil der Sonne für einen feſten, erdartigen Körper, der von einer leuchtenden und wärmenden Hülle, oder vielmehr von einer größeren Anzahl ſolcher zwiebelſchalartig übereinander gezogenen Hüllen umgeben ſei.

Die Unterſuchung der Sonnenſcheibe mittels des Fernrohres zeigt eine wechſelnde Menge von Gebilden, womit dieſelbe bedeckt iſt, und zwar ſind die genannten bald Gebilde *heller* bald dunkler als der eigentliche Grund der hellen Sonnenſcheibe. Die *hellen* Gebilde nennt man *Sonnenfackeln*, die *dunkeln* werden Sonnenflecke genannt. Die Sonnenfackeln ſind gegenwärtig noch am wenigſten genau unterſucht, jedoch ſteht ſo viel feſt, daß ſie, ſowie die hellen Lichtadern, welche einzelne Theile der Sonne gelegentlich netzartig überziehen, überall auf der Sonnenſcheibe auftreten und in keiner Region derſelben ſtets ganz fehlen. Gewiſſen Beobachtungen zufolge kehren die Sonnenfackeln periodiſch in gewiſſen Theilen der Sonne in größerer Häufigkeit wieder, und

zwar rückt die Zone der größten Häufigkeit der Fackeln innerhalb einer Periode von etwa 11 Jahren von den Polen der Sonne gegen ihren Aequator herab.

Die Sonnenflecke sind die am meisten in die Augen fallenden Bildungen auf der Sonnenscheibe und sie sind auch in der That am meisten und frühesten beobachtet worden. Schon die ersten Beobachter dieser Flecke, Fabricius, Galilei und Scheiner, fanden, daß sich dieselben von Ost nach West über die Sonnenscheibe fortbewegen und dabei etwa 13 Tage gebrauchen, um von dem einen zum anderen Sonnenrande zu gelangen. Die Sonne dreht sich also nahe in der doppelten Zeit oder in etwa 26 Tagen einmal um ihre Axe. Zeichnet man die scheinbaren Bahnen der Sonnenflecke in einen großen, die Sonne vorstellenden Kreis ein, so findet man, daß diese Bahnen Ellipsen sind, welche ihre größte Krümmung gegen den 5. September hin zeigen, dann immer schmaler und schmaler werden, bis sie uns am 5. December als gerade Linien erscheinen, die mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von etwa 7 Grad machen, hierauf sich wieder mehr und mehr, aber nach der entgegengesetzten Seite wie früher, krümmen, bis sie am 5. März wieder einen größten Bogen in ihrer Bewegung zeigen, um hierauf bis zum 5. Juni abermals mehr und mehr in ihren Bahnen die Gestalt einer geraden Linie anzunehmen. Hieraus folgt, daß die Bewegungen der Flecke nicht in einer mit der Ebene der Erdbahn zusammenfallenden Ebene stattfinden, oder mit anderen Worten, daß die Ebene des Sonnenäquators gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist. In der That beträgt, wie schon vorhin angegeben, die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik nahe 7 Grad und die Durch-

ſchnittslinie beider Ebenen, alſo die durch die Sonne gehende Knotenlinie trifft die Erdbahn im 75. und 255. Grade der Länge. Nach Spörer's genauen Unterſuchungen beträgt die Neigung des Sonnenäquators 6° 57' und die Länge des aufſteigenden Knotens für die Jahre 1866 und 1867 : 74° 36'. Aus Gründen, auf die ich ſogleich zurückkommen werde, ſind dieſe beiden Größen erheblich weniger genau beſtimmt, als man von vornherein zu erwarten berechtigt geweſen ſein ſollte. Deshalb kann man auch nicht mit Sicherheit beurtheilen, ob die Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Erdbahn, noch ob die Neigung des Sonnenäquators ſich verändere. Ich will indeß hier alle, einigermaßen genauen Unterſuchungen, welche Werthe für die genannten beiden Elemente der Sonnenrotation geliefert haben, zuſammenſtellen, nebſt den Zeiten, worauf ſie ſich beziehen.

Beobachter	Jahr	Neigung		Länge des aufſt. Knotens	
Scheiner	1675	7°	30'	69°	30'
Caſſini	1734	7	30	70	10
Lalande	1776	7	15	77	50
Flaugergues	1798	7	18	78	13
Bianchi	1817	7	14	70	30
Böhm	1835	6	57	76	4
Laugier	1840	7	9	75	8
Peterſen	1841	6	51	73	29
Carrington	1850	7	15	73	40
Spörer	1866	6	57	74	36

Aus dieſen Zahlen iſt keine Veränderung weder in der Neigung noch in der Knotenlänge erſichtlich, höchſtens vielleicht eine Abnahme der Neigung angedeutet, aber ohne daß man hierüber einige Sicherheit erlangen könnte, indem die ſehr genauen und zahlreichen Beobachtungen von Carrington und Spörer in ihren Reſultaten bezüglich

der Neigung und Knotenlänge um einen größeren Betrag differiren, als einer wirklichen Aenderung in dem Zeitraume von 16 Jahren entsprechen könnte. Die wahre Ursache dieser Abweichungen der einzelnen Beobachtungsreihen von einander ist vielmehr in der eigenen Bewegung der Flecke zu suchen, welche dieselben neben der allgemeinen Rotationsbewegung besitzen. Schon vor mehr als zweihundert Jahren hat der Jesuit Scheiner durch anhaltende Beobachtungen, über die er in seinem Buche Rosa Ursina von Zeichnungen begleitete Nachrichten mittheilt, die Eigenbewegung der Sonnenflecke erkannt. Die südlichen Flecke sagt er, vollbringen die Umlaufsbewegung in kürzerer Zeit als die nördlichen. Dieses Resultat ist von Johann Cassini, Schröter und besonders von Laugier bestätigt worden, doch haben erst in der jüngsten Zeit Carrington und Spörer so zahlreiche und genaue Beobachtungen von Sonnenflecken geliefert, daß an eine Untersuchung des Gesetzmäßigen in dem Auftreten der eigenen Bewegungen der Flecke gedacht werden durfte. Es ergab sich hiebei das merkwürdige Gesetz, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der einzelnen Zonen der Sonnenoberfläche in dem Maße geringer wird, als diese Zonen weiter entfernt vom Aequator sich befinden. Wenn aber die Umdrehungsgeschwindigkeit abnimmt, so muß die Zeit, innerhalb welcher eine ganze Umdrehung vollführt wird, d. h. die Rotationsdauer, zunehmen. Um zu zeigen, wie groß die Unterschiede in dieser Beziehung für die einzelnen Breitegrade der Sonnenoberfläche sind, will ich hier die Rotationszeiten für einzelne Zonen der Sonne nach den Beobachtungen von Carrington und den Rechnungen von Faye mittheilen.

Unter dem Sonnenäquator vollführen die Flecke einen ganzen Umlauf in 25.19 Tagen; unter dem 5. Grade der

Digitized by Google

Breite beträgt dieſe Umlaufszeit 25.22 Tage; unter dem 10. Grade der Breite 25.33 Tage; unter dem 15. Grade 25.50 Tage; unter dem 20. Grade 25.74 Tage; unter dem 25. Grade 26.04 Tage; unter dem 30. Grade 26.40 Tage; unter dem 35. Grade 26.80 Tage; unter dem 40. Grade 27.25 Tage; unter dem 45. Grade 27.73 Tage. Wenn die Zunahme der Rotationsdauer in dieſer Weiſe bis zu den Polen der Sonne fortſchritt, ſo würden in der Nachbarſchaft derſelben die Flecke einen Zeitraum von mehr als 30 Tagen nöthig haben, um ihre Rotation einmal zu vollbringen. Ob dies aber der Fall iſt, weiß man gegenwärtig nicht, denn größere Sonnenflecke erſcheinen niemals in der Nähe der Sonnenpole und ebenfalls nur höchſt ſelten am Sonnenäquator. Vielmehr iſt die eigentliche Fleckenregion der Sonne zwiſchen dem 5. und 30. Breitengrade nördlich und ſüdlich vom Sonnenäquator zu ſuchen. Das hat ſchon Scheiner bemerkt und er nannte dieſe Fleckenregion die königliche Zone.

Die Flecke treten meiſt in Gruppen auf, aber die Eigenbewegungen der einzelnen Glieder einer Fleckengruppe ſind ſehr von einander abweichend. Die Zertheilung oder Auflöſung einer Gruppe erfolgt zu verſchiedenen Zeiten und nach den verſchiedenſten Richtungen hin. Francis Wollaſton vergleicht charakteriſtiſch die Veränderungen eines Sonnenfleckes, den er im Jahre 1774 beobachtete, mit der Erſcheinung, welche man wahrnimmt, wenn man eine Eisſcholle auf eine gefrorne Waſſerfläche wirft, wo dann die einzelnen Theile, in welche das Eis zerbricht, nach allen Richtungen hin fortgleiten.

Sind dieſe Veränderungen und Abweichungen in der eigenen Bewegung der Sonnenflecke und ihre Austheilung über die Sonnenoberfläche ſchon auffällig genug, ſo ſind damit die Merkwürdigkeiten, welche uns dieſe Gebilde darbieten, noch

lange nicht erſchöpft. Die Flecke zeigen nämlich, worauf ich ſogleich näher zurückkommen werde, einen periodiſchen Wechſel in ihrer Häufigkeit, und Profeſſor Spörer hat ſchon vor 1869 aus ſeinen Beobachtungen gefunden, daß die Vertheilung der Flecke über die Sonnenſcheibe, ſo wie die Größe der Eigenbewegung derſelben unter verſchiedenen Breiten eine andere iſt, in den Zeiten, wo die Flecke überhaupt ſehr zahlreich ſind — ihr Maximum haben — als dann, wenn ſie in geringer Anzahl vorhanden ſind — um die Zeit eines Fleckenminimums. So zufällig auch das Entſtehen, die im Allgemeinen nur ſelten ein paar Monate überſteigende Dauer und das Vergehen der Sonnenflecke für uns erſcheinen mögen, ſo befolgt doch die Häufigkeit der in den verſchiedenen Jahren auftretenden Flecke eine beſtimmte Ordnung, ſie iſt an eine feſte Periode geknüpft. Der Erſte, der dies durch unverdroſſen Jahre lang fortgeſetzte Beobachtungen nachwies, war Schwabe in Deſſau, darauf hat Rudolf Wolf in Zürich den Gegenſtand aufgegriffen und mit ſolcher Beharrlichkeit das die Beobachtung der Sonnenflecke betreffende Material geſammelt und bearbeitet, daß wir durch die Thätigkeit dieſes Mannes heute eine ganz neue Kenntniß von den Fleckenzuſtänden der Sonne faſt bis zur erſten Entdeckung derſelben beſitzen. Hiernach befolgen die Sonnenflecke bezüglich ihrer Häufigkeit eine Periode von 11 Jahren und 57 Tagen, d. h. wenn gegenwärtig die zahlreichſten Flecke vorhanden ſind, d. h., das Fleckenmaximum eingetreten iſt, ſo findet das Gleiche wiederum 11 Jahre ſpäter ſtatt und dazwiſchen fällt eine Epoche, in welcher die Sonnenflecke ein Minimum in ihrer Anzahl zeigen. Allein dieſe Periode von 11 Jahren und 57 Tagen iſt nur ein mittlerer Werth, die einzelnen Perioden ſind von ungleich langer Dauer, und

zwar in ziemlich regelmäßiger Folge, so daß also eine Periode in der Periode existirt. Um diese höchst interessante Thatsache mit der nothwendigen Klarheit darzustellen, will ich Ihnen die von Wolf berechneten Zeiten mittheilen, zu welchen die Sonnenflecke ein Maximum und ein Minimum besaßen, so wie außerdem die Zwischenzeit zwischen je zwei aufeinander folgenden Maximis und Minimis. Die Zeitangaben sind in Jahren und deren Theilen ausgedrückt, so daß z. B. 1615.5 die Mitte des Jahres 1615 bezeichnet.

Zeit des Flecken-Maximums	Zwischenzeit in Jahren	Zeit des Flecken-Minimums	Zwischenzeit in Jahren
1615.5		1610.8	
	10.5		8.2
1626.0		1619.0	
	13.5		15.0
1639.5		1634.0	
	9.5		11.0
1649.9		1645.0	
	11.0		10.0
1660.0		1655.0	
	15.0		11.0
1675.0		1666.0	
	10.0		13.5
1685.0		1679.5	
	8.0		10.0
1693.0		1689.5	
	11.5		8.5
1705.5		1698.0	
	8.5		14.0
1718.2		1712.0	
	9.5		11.5
1727.5		1723.5	
	9.0		10.5
1738.7		1734.0	

Zeit des Flecken-Maximums	Zwischenzeit in Jahren	Zeit des Flecken-Minimums	Zwischenzeit in Jahren
1750.0		1745.0	
	11.5		10.7
1761.5		1755.7	
	8.5		10.8
1770.0		1766.5	
	9.5		9.3
1779.5		1775.8	
	9.0		9.0
1788.5		1784.8	
	15.5		13.7
1804.0		1798.5	
	12.8		12.0
1816.8		1810.5	
	12.7		12.7
1829.5		1823.2	
	7.7		10.6
1837.2		1833.8	
	11.4		10.2
1848.6		1844.0	
	11.6		12.2
1860.2		1856.2	
	10.3		11.0
1870.5		1867.2	

Sieht man sich die Zahlen für die Zwischenzeiten, d. h. für die Längen der einzelnen Perioden, genauer an, so findet man, daß sie sich mit einiger Regelmäßigkeit verändern; die längste Dauer einer Fleckenperiode, zwischen 1788 und 1804 war 15 $^1/_2$ Jahre, und ihr folgte zwischen 1829 und 1837 die kürzeste mit 7 $^7/_{10}$ Jahren. Die vorhergehende kleinste Periode (zwischen zwei Maximis) ver-

lief in den Jahren 1761 bis 1770, so daß also von 1761 bis 1788 die Dauer der Fleckenperioden nach und nach zugenommen, von da ab indeß wieder bis zum Jahre 1829 abgenommen hat, die Periode der Fleckenperiode würde also 67 bis 68 Jahre betragen. Die allerdings weit weniger genauen Bestimmungen von 1650 bis 1700 herum, geben ein abweichendes Resultat und Rudolf Wolf schließt daher auf eine Hauptperiode von $55^1/_2$ Jahren. Es läßt sich indeß zeigen, daß die bis jetzt vorliegenden Beobachtungsresultate, sich auch mit einer Hauptperiode von etwa 45 Jahren in Uebereinstimmung bringen lassen; wir werden also wohl noch bis Ende dieses Jahrhunderts warten müssen, um geeignete Daten zu einer sichern Entscheidung über die Länge der Hauptperiode der Sonnenflecke zu erhalten.

Allein was ist die Ursache der periodischen Aenderungen in der Häufigkeit der Sonnenflecke? Was haben diese Gebilde überhaupt für eine physikalische Natur? Die Beantwortung der ersten dieser beiden Fragen scheint durch die genügende Beantwortung der zweiten bedingt zu werden; wenigstens ist es klar, daß, wenn eine kosmische Ursache für die Sonnenfleck-Häufigkeit nicht zu finden ist, diese Erscheinung wohl auf Zustände und Bedingungen, welche in der Sonne und den Flecken selbst gegeben sind, zurückgeführt werden müsse. So viel man nun auch nach extrasolaren Einflüssen gesucht hat, welche die Sonnenflecke vermehren oder vermindern könnten, so haben sich solche doch mit Sicherheit nicht nachweisen lassen und wenn man nicht zu den willkührlichsten und gewagtesten Hypothesen seine Zuflucht nehmen will, kann man gegenwärtig keine Erklärung für die Veränderungen der Fleckenhäufigkeit der Sonne geben, welche diese auf Einflüsse, die außerhalb des Sonnenkörpers liegen, zurückführt.

Wir müſſen daher zuſehen, ob es nicht gelingt, dieſe periodiſche Häufigkeit der Sonnenflecke aus Zuſtänden, welche in der phyſiſchen Conſtitution der Sonne ſelbſt liegen, abzuleiten. Zu dieſem Ende wollen wir zuerſt unterſuchen, was die Sonnenflecke eigentlich ihrer Natur nach ſind.

Ich will hier das Geſchichtliche der verſchiedenen Hypotheſen über die Natur der Sonnenflecke nicht im Einzelnen durchgehen, ſondern nur bemerken, daß diejenigen Anſchauungen über dieſe merkwürdigen Gebilde, welche bis zum Anfange der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts als die zweifellos richtigen galten, gegenwärtig Dank der mächtigen Unterſtützung, welche die Spectralanalyſe der beobachtenden Aſtronomie geleiſtet hat, allgemein als irrthümlich anerkannt ſind. Der deutſche Phyſiker Kirchhoff hat es zuerſt gewagt, die bis dahin in der Aſtronomie geltende Hypotheſe von der Conſtitution der Sonne und ihrer Flecke anzugreifen, indem er es ausſprach, wie dieſelbe in ſolchem Grade ſicheren phyſikaliſchen Erkenntniſſen widerſpreche, „daß ſie ſelbſt dann verworfen werden müſſe, wenn man nicht im Stande wäre, die Erſcheinungen der Sonnenflecke auf eine andere Weiſe auch nur einigermaßen begreiflich zu machen.“ Kirchhoff erklärte die Sonnenflecken für Wolken, die in der glühenden Sonnenatmoſphäre ſchwimmen. In der Atmoſphäre der Sonne, ſagt er, müſſen ähnliche Vorgänge wie in der unſerigen ſtattfinden; locale Temperaturerniedrigungen müſſen dort wie hier die Veranlaſſung zur Bildung von Wolken geben. Die Hypotheſe Kirchhoff's fand eine Beſtätigung in den Beobachtungen Spörer's und ſie erſchien auch in der That, wenigſtens den alten Anſchauungen gegenüber, als die allein zuläſſige. Später hat jedoch der ſcharfſinnige

Physiker Zöllner die Theorie aufgestellt und begründet, daß die Sonnenflecke schlackenartige Produkte auf der glühend-flüssigen Oberfläche der Sonne sind. Diese Theorie hat gegenwärtig eine so große Wahrscheinlichkeit für sich, daß sie wohl als die richtige betrachtet werden muß. In der That hat man bezüglich der Sonnenflecke nur die Wahl, sie entweder als wolkenartige oder als schlackenartige Produkte zu betrachten. Zöllner hat nun neuerdings auf einen Umstand aufmerksam gemacht, welcher geeignet ist, die Entscheidung in dieser Alternative zu geben. Wären nämlich die Flecken wolkenartige, in der Sonnenatmosphäre schwimmende Massen, nach Analogie der irdischen Wolken, welche an den Bewegungen der Atmosphäre Theil nehmen, so müßten sie, da den verschiedenen Breitengraden der Sonnenoberfläche eine ungleiche Rotationsgeschwindigkeit zukommt, schon im Verlaufe von wenigen Tagen in, dem Aequator parallele, Streifen auseinandergezogen werden. „Im Durchschnitt", bemerkt Zöllner, „beträgt nach den Beobachtungen Carrington's der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeit zweier Punkte der Sonnenoberfläche, deren Breiten auf der Sonne um 1 Grad verschieden sind, etwa 1⁷/₁₀ Grad. Nach Verlauf von n Tagen müßten sich diese beiden Punkte offenbar um n × 1⁷/₁₀ Grade von einander entfernt haben, und das ursprüngliche Wolkengebilde von 1 Grad Durchmesser würde zu einem Streifen von n × 1⁸/₁₀ Graden ausgedehnt worden sein, welcher mit zunehmender Entfernung der beiden Punkte immer mehr eine dem Aequator parallele Richtung annähme. Die Breite des Streifens wäre in der Mitte am größten und nähme nach beiden Seiten bis zum Verschwinden ab. Gesetzt also, wir beobachteten das Entstehen eines nach

allen Richtungen ziemlich gleich entwickelten Flecks von 1 Grad Durchmesser und verfolgten diesen Fleck nur während der Zeit einer halben Rotationsdauer der Sonne, also etwa $12^1/_2$ Tage hindurch, so müßte sich dieser Fleck — falls er aus einer, in der Sonnenatmosphäre schwimmenden Wolke bestände — in einen Streifen von 20 Grad Länge verwandelt haben. Bei größeren Flecken muß diese Veränderung natürlich eine verhältnißmäßig viel stärkere sein, und ein Fleck von z. B. 3 Grad Durchmesser würde nach nur einmaliger Rotation bei seiner Wiederkehr einen Streifen von 120 Grad Länge bilden, sich also fast über den ganzen uns zugewendeten Theil des betreffenden Parallelkreises ausgedehnt haben. Derartige Erscheinungen werden aber bei den Sonnenflecken nicht beobachtet, trotzdem ihre Dimensionen die oben angenommenen oft weit übertreffen. Ich betrachte daher die Abwesenheit dieser Streifenbildung auf der Sonne als einen der schlagendsten Beweise gegen die wolkenartige Natur der Sonnenflecke." Früher habe ich selbst der Kirchhoff-Spörer'schen Ansicht gehuldigt, welche in den Sonnenflecken wolkenartige Produkte erblickt, nach der soeben mitgetheilten Argumentation Zöllners muß man aber diese Ansicht durchaus fallen lassen und ist gezwungen, die Sonnenflecke als schlackenartige Massen auf der Oberfläche des glühend-flüssigen Sonnenballes anzunehmen. Hiernach erklärt sich auch die mehrfach beobachtete rotatorische Bewegung großer Flecke auf eine ebenso einfache als elegante Weise. Denken Sie sich nämlich der Einfachheit halber einen kreisförmigen Sonnenfleck, dessen südlichster Rand unter dem 25. und dessen nördlichster Rand unter dem 30. Grad nördlicher Breite auf der Sonnenoberfläche sich befindet. Nach den Untersuchungen von Carrington beträgt die tägliche

Rotationsbewegung der Sonnenoberfläche unter dem 25. Breitegrade 829.51 und unter dem 30. Breitengrade 818.27 Bogenminuten eines größten Kreises der Sonnenoberfläche. Der südliche Rand unseres Flecks wird also täglich um 11.24 Bogenminuten mehr nach Osten vorwärts getrieben als der nördliche. Diese 11.24 Bogenminuten entsprechen aber auf der Sonnenoberfläche einer Länge von 304 Meilen, so viel also beträgt der tägliche Unterschied in der Bewegung der Ränder unseres Flecks. Wäre dieser Fleck nicht eine zusammenhängende starre Masse, so müßte er bei einem so beträchtlichen Unterschiede in der Fortbewegung seiner extremen Theile zerreissen und manche Theile mögen auch in der That hierdurch zerspaltet werden. Wo dies aber nicht der Fall ist, muß die stärkere Fortbewegung am südlichen Theile des Flecks offenbar eine Drehung desselben um sein Centrum in der Richtung von Süd durch Ost nach Nord hervorrufen Diese Drehung erfolgt also im entgegengesetzten Sinne wie diejenige eines Uhrzeigers. Für einen Fleck auf der südlichen Halbkugel der Sonne muß die Drehungsrichtung, wie man sich leicht begreiflich machen kann, die entgegengesetzte sein, also im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers, d. h. von Süd durch West nach Nord stattfinden. Zöllner hat mit Hülfe einer mathematischen Untersuchung gezeigt, daß die unter der Sonnenoberfläche liegenden Schichten der glühenden Flüssigkeit eine größere Bewegung im Sinne der Rotation — also vom Centrum der Sonne aus betrachtet, in der Richtung von West nach Ost, von der Erde aus gesehen, in der Richtung von Ost nach West — besitzen, als die oberen Schichten. Hieraus resultirt für große und tief unter die Sonnenoberfläche hinabreichende Flecke ein neuer Impuls zu rotirender Bewegung. Denken Sie sich der

Einfachheit halber einen Sonnenfleck von beträchtlicher Größe und kugelförmiger Gestalt, so wird der untere Theil dieser Kugel, weil er einen stärkeren Bewegungsantrieb in der Richtung nach Osten hin empfängt, als das Centrum und die obere Hälfte, dahin streben, die ganze Kugel um eine horizontale, in der Richtung Süd-Nord liegende Axe gegen Westen hin zu drehen. Diese Drehung muß wirklich stattfinden, und die Fleckenkugel demgemäß in einer der großen Sonnenkugel entgegengesetzten Richtung rotiren. Die Geschwindigkeit der Umdrehungsbewegung nimmt nun nach den Untersuchungen von Zöllner von der Oberfläche der Sonne aus gegen den Mittelpunkt viel schneller zu, als von höheren gegen niedrigere Breiten. Folglich würde für eine an der Sonnenoberfläche schwimmende Kugel die Rotationsbewegung um die horizontale Axe eine beträchtlich viel größere als diejenige um die Verticale sein müssen. Die Sonnenflecke sind nun aber keine Kugeln, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach mehr oder minder platte, schollenartige Körper, deren horizontale Dimensionen demnach ungleich bedeutender als ihre verticalen sind. Der erwähnte Drehungsmoment wird daher — wie Zöllner hervorhebt — nur dann eine Rotation um die horizontale Axe zu erzeugen im Stande sein, wenn er stark genug ist, um den Gegendruck zu überwinden, welcher bei einem so gestalteten Körper durch das theilweise Heraustreten der vorangehenden Theile aus der Flüssigkeit erzeugt wird. Ist die Größe des Drehungsmoments hiezu nicht ausreichend, so wird sich seine Wirkung auf eine permanente Lagenveränderung des schwimmenden Körpers reduciren, die darin besteht, daß der in der Bewegung vorangehende Theil gehoben, der nachgehende gesenkt wird, so daß der hierdurch erzeugte Gegendruck dem

Drehungsmoment ſtets das Gleichgewicht hält. Die Oberfläche ſolcher Körper wird demgemäß nicht eine horizontale, ſondern eine etwas ſchräge, im Sinne der Rotation aufſteigende Lage erhalten. Die Größe des hiedurch erzeugten Neigungswinkels hängt einerſeits von dem Verhältniſſe der Dicke zur Oberfläche des ſchwimmenden Körpers, anderſeits von der Tiefe des Eintauchens und der in verſchiedenen Tiefen herrſchenden Geſchwindigkeitsdifferenz der ſtrömenden Schichten ab. Aendern ſich dieſe Verhältniſſe bei demſelben Körper, ſo müſſen dieſelben ſowohl von Aenderungen der rotatoriſchen als auch der translatoriſchen Bewegungen begleitet ſein. So müßte z. B. eine ſchnelle Zunahme der Tiefe des Eintauchens auch mit einer ſchnellen Vergrößerung der Bewegung im Sinne der Rotation verbunden ſein, da in dieſem Falle die tieferen, ſchneller rotirenden Schichten einen größeren Einfluß auf die Fortbewegung der ſchwimmenden Maſſe gewinnen würden. Würde der Körper durch eine plötzliche Veränderung ſeines Gleichgewichts untergetaucht, ſo müßte er an einer andern Stelle wieder emporſteigen, welche der urſprünglichen im Sinne der Rotation vorausliegt.

Ich habe die vorſtehenden Entwicklungen Zöllners ausführlich hierhin geſetzt, weil ſie mit höchſter Klarheit, ohne Anwendung mathematiſcher Symbole, einen ſchwierigen Gegenſtand behandeln, der für die Erklärung der Bewegungen der Sonnenflecke von größter Wichtigkeit iſt. Die plötzlichen Geſtaltveränderungen der Flecke, aus welcher Urſache ſie immerhin entſtehen mögen, müſſen nothwendig mit Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens der einzelnen Schlackenſtücke verbunden ſein. Hierdurch aber müſſen, auf Grund der vorſtehenden Entwicklungen, weiter große und plötzliche Bewegungsdifferenzen der einzelnen Flecken-

ſtücke erzeugt werden. Je größer die Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens der Flecke, um ſo größer müſſen auch die Aenderungen in der Bewegung derſelben ſein. Solche Aenderungen in der Tiefe des Eintauchens müſſen aber, wie man leicht begreift, am ſtärkſten in den Zeiten der Entwicklung und Auflöſung der Flecke auftreten. Im erſten Falle nämlich nimmt die ſich bildende Schlacke an Dicke zu, im letzteren nimmt ſie ab. Das wird nun vollkommen durch die Beobachtungen beſtätigt, indem Spörer ausdrücklich hervorhebt, daß das allgemeine Geſetz, nach welchem einer beſtimmten Breite auf der Sonne auch eine beſtimmte Bewegungsgeſchwindigkeit zukomme, nicht für die erſte Phaſe in der Entwickelung der Fleckengruppe gelte, indem alsdann ſehr beträchtliche, verſchiedene und einander entgegengeſetzte Bewegungen beobachtet würden. Spörer hat ferner gefunden, daß meiſt, wenn der öſtliche Theil einer Fleckengruppe verſchwunden iſt, im weſtlichen Theile ein Hauptkern bleibt. Dieſe Erſcheinung erklärt ſich ungezwungen aus den vorhergehenden Betrachtungen über die ſchräge Stellung der Oberfläche eines Schlacken-Flecks. Die im Sinne der Rotation vorangehende Seite iſt nämlich die aufſteigende und das iſt von der Erde aus geſehen die weſtliche. Auf der nachfolgenden (öſtlichen) Seite muß aber wegen der ſchrägen Lage ſtets ein größerer Theil des Schlackenfeldes von der glühenden Flüſſigkeit umſpült werden, und daher hier auch ſchnellere Auflöſungen erfolgen als auf der anderen Seite, die mehr oder weniger über die glühende Flüſſigkeit hervorragt.

Das Mitgetheilte zeigt deutlich, in wie ungezwungener und überraſchender Weiſe die Zöllner'ſche Theorie der Sonnenflecke, nach welcher dieſelben ungeheure Schlacken-

maſſen ſind, die auf der glühenden Sonnenoberfläche ſchwimmen, alle Erſcheinungen, welche man bei der Bewegung, Auflöſung und Neubildung dieſer merkwürdigen Körper wahrgenommen hat, als nothwendig erklärt. Aber Zöllner geht noch weiter; er leitet aus ſeiner Theorie auch die periodiſche Ab- und Zunahme der allgemeinen Häufigkeit der Sonnenflecke, ſowie ihre Verbreitung in zwei dem Aequator parallelen Zonen, ihre Seltenheit in den äquatorealen und den polaren Gegenden der Sonne ab. Ich will verſuchen, die Entwickelungen des leipziger Phyſikers und Aſtronomen Ihnen deutlich zu machen.

Die Sonne iſt, wie wir bisher ſtets angenommen haben, und was auch in der Folge durch weitere Gründe unterſtützt werden ſoll, ein ungeheurer Ball, der aus glühend-flüſſiger Materie beſteht. Ueber dieſer glühenden Flüſſigkeit lagert eine glühende Atmoſphäre, die einen Theil der die Flüſſigkeit zuſammenſetzenden Stoffe in gas- oder dampfförmigem Zuſtande enthält.

Die Art und Weiſe, wie dieſe Atmoſphäre ſich der Ausſtrahlung der glühend-flüſſigen Sonnenoberfläche gegenüber verhält, wird eine Analogie zu derjenigen Art und Weiſe darbieten, wie unſere Erdatmoſphäre die Wärmeſtrahlung der Erdoberfläche beeinflußt. Iſt nämlich die Erdatmoſphäre ruhig und wolkenfrei, ſo iſt die nächtliche Wärmeausſtrahlung der Erde gegen den kalten Weltraum äußerſt beträchtlich. Man hat gefunden, daß durch dieſe Ausſtrahlung ſich bisweilen der vorher warme Erdboden bis auf 5 oder 6 Grad C unter die Temperatur der Luftſchichten abkühlte. Hiedurch entſteht bekanntlich der Thau oder wenn der Waſſerdampf der erkalteten, mit der Erdoberfläche in Berührung befindlichen unterſten Luftſchichten ſich an Körper anſetzt, welche bis unter den Eispunkt er-

kaltet ſind, der Reif. Wenn die Erdatmoſphäre nicht heiter oder nicht ruhig iſt, ſo entſteht kein Thau. Bedeckter Himmel hindert nämlich die nächtliche Ausſtrahlung, er ſchützt die Erdoberfläche wie ein Mantel. Der Wind aber verhindert die Thaubildung, weil er ſtets neue warme Luft an den erkaltenden Körpern vorüberführt.

Aehnlich muß auch auf der glühend-flüſſigen Sonnenoberfläche der Hergang der Dinge ſein. Wo die glühende Sonnenatmoſphäre ruhig und klar iſt, muß der darunter befindliche Theil des flüſſigen Sonnenkörpers durch Ausſtrahlung eine gewiſſe Temperaturerniedrigung erfahren. Wenn dieſe Temperaturerniedrigung eine gewiſſe Größe erlangt, ſo muß ſich dies für einen entfernten Beobachter durch eine Abnahme der Leuchtkraft der Sonne an jener Stelle bemerklich machen und ſchließlich wird er dort einen dunkeln Fleck wahrnehmen. Der hier geſchilderte Vorgang kann ſich ſelbſtredend gleichzeitig an verſchiedenen Punkten der Sonnenſcheibe vollziehen; Fleckenbildung auf der Sonnenoberfläche kann daher gleichzeitig an mehreren Stellen eintreten. Sobald aber der Fleck entſtanden iſt, erzeugt er in ſeiner Umgebung in der Sonnenatmoſphäre beträchtliche Gleichgewichtsſtörungen nach Analogie unſerer Land- und Seewinde. Es müſſen daher, wie Zöllner im Einzelnen entwickelt hat, wolkenartige Condenſationserſcheinungen eintreten, welche in einer gewiſſen Höhe die Küſten der Schlackeninſeln — d. h. eben der Flecke — umkränzen und ſich uns, von der Erde aus geſehen, als graue Höfe darſtellen werden, welche die Flecke umgeben und deren Conturen im allgemeinen wiederholen. Das findet in der That ſtatt, und man hat dieſen Höfen den Namen Penumbren oder Halbſchatten beigelegt, weil ſie niemals ſo dunkel erſcheinen, als die eigentlichen Flecke ſelbſt.

Durch die in der beschriebenen Weise erzeugten Bewegungen in der Sonnenatmosphäre — die also der Entstehung des Flecks ihren Ursprung verdanken — werden aber nun wieder gerade diejenigen Bedingungen aufgehoben, denen der Fleck überhaupt sein Entstehen verdankte, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Nachdem der Fleck also durch die Temperaturerniedrigung eines Theiles der Sonnenoberfläche in Folge der hier stattgehabten starken Wärmeausstrahlung entstanden ist, wird die fernere stärkere Wärmestrahlung an dieser Stelle sistirt. Die abgekühlten Punkte können sich nun allmälig wieder erwärmen, und zwar theils von unten durch Berührung mit den darunter befindlichen heißeren Theilen der glühenden Flüssigkeit, theils von oben durch Berührung mit den von heißeren Stellen herbeiströmenden Gasmassen. Wenn sich aber durch diesen Proceß die in Folge der Ausstrahlung entstandenen Temperaturdifferenzen wieder ausgeglichen haben, so ist damit natürlich auch der Sonnenfleck aufgelöst worden, und es tritt in der Sonnenatmosphäre nach und nach wieder jener ursprüngliche Gleichgewichtszustand ein, der von Neuem diejenigen Bedingungen herstellt, welche eine Wiederholung der Fleckenbildung herbeiführen können. Bei den gewiß verschiedenartigen Umständen, welche auf der Sonnenoberfläche und in der Sonnenatmosphäre stattfinden, muß natürlich die vollständige Ruhe und Klarheit der letzteren, ein Zustand sein, der für uns vollkommen, nach Zeit und Dauer, den Character des Zufälligen trägt. Nur das können wir behaupten, daß die Dauer eines Flecks auf's Engste mit seiner Größe verbunden sein muß. Denn die Auflösung desselben wird, wie vorstehend entwickelt worden ist, durch eine Ausgleichung der vorhandenen Temperaturdifferenzen bedingt;

wenn aber im Durchschnitt die Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit der sie berührenden und einer Temperaturausgleichung zustrebenden Stoffe die gleiche ist, so muß die Ausgleichung der Temperaturunterschiede nothwendig um so schneller vollendet sein, je kleiner die Ausdehnung der abgekühlten und wieder zu erwärmenden Masse ist. Auch dieser Schluß wird durch die Beobachtungen vollkommen bestätigt, welche zeigen, daß die kleinen Flecke meist nur eine sehr vorübergehende Dauer besitzen, daß aber das Bestehen während mehrerer Sonnenrotationen im allgemeinen nur bei großen, ja sehr großen Flecken vorkommt.

Aus den mitgetheilten Entwickelungen folgt nun ferner, daß die durch die Existenz eines Sonnenflecks in der Sonnenatmosphäre hervorgerufenen Störungen des Gleichgewichts — die Stürme — einen um so größeren Theil dieser Atmosphäre aufregen müssen, je größer der Fleck selbst ist, der sie hervorruft. Wenn wir uns nun wieder erinnern, daß Ruhe und Klarheit der Sonnenatmosphäre die ersten Bedingungen zur Bildung eines Sonnenflecks sind, so wird es einleuchtend, daß solche in der Nähe großer Flecke nicht mehr zu finden sind. Daher wird man auch in der Nachbarschaft von bedeutenden Flecken nicht nach anderen großen Flecken zu suchen brauchen. Die Richtigkeit dieses Schlusses hat die Beobachtung längst erwiesen. Wenn daher ein größerer Fleck an einer Stelle der Sonnenoberfläche sich befindet, so muß er auf seine Umgebung einen solchen Einfluß ausüben, daß in seiner Nähe, während seiner Existenz, die Bildung weiterer Flecke erschwert wird. Die gleichzeitige Entstehung von mehreren Flecken innerhalb eines gewissen Bezirks auf der Sonne wird dagegen durch die physikalischen Zustände derselben sehr begünstigt. Man begreift nämlich leicht,

daß, wenn der Zuſtand von Ruhe und Klarheit der Sonnenatmoſphäre eine längere Zeit hindurch anhalten ſoll, wie dies zur Bildung eines Flecks nothwendig iſt, dann auch die Ruhe und Klarheit der Atmoſphäre eine größere Ausbreitung haben muß, oder mit anderen Worten: die längere Dauer eines beſtimmten atmoſphäriſchen Zuſtandes iſt nur möglich bei größerer Ausdehnung derſelben. Wir ſehen dies ja auch auf unſerer Erde: die Zuſtände unſerer Atmoſphäre, der Witterung, halten im Allgemeinen um ſo längere Zeit hindurch an, je größer der Verbreitungsbezirk iſt, über welchen hinaus ſie ſich erſtrecken. Wenn wir daher, ſo ſchließt Zöllner ſehr ſcharfſinnig, an einer beſtimmten Stelle der Sonnenoberfläche das Entſtehen eines Flecks beobachten, und hieraus auf einen an dieſer Stelle vor der Entſtehung des Flecks längere Zeit hindurch wirkſam geweſenen Zuſtand relativer Ruhe und Klarheit der Atmoſphäre ſchließen müſſen, ſo wird dieſer Zuſtand nicht nur auf die vom Flecke eingenommene Stelle beſchränkt geweſen ſein, ſondern auch noch innerhalb einer gewiſſen Entfernung in der Umgebung dieſer Stelle vorausgeſetzt werden müſſen. Es werden folglich innerhalb dieſes Verbreitungsbezirkes die Bedingungen zur gleichzeitigen Entſtehung anderer Flecke günſtiger und daher die Bildung der letzteren wahrſcheinlicher als an entfernteren Stellen ſein. Möglicherweiſe kann man, wie Zöllner hervorhebt, durch dieſen Umſtand das ſonſt ganz unerklärliche Auftreten der Flecken in Gruppen theoretiſch deuten. Man kann nämlich nicht erwarten, daß über einem größeren Ausſtrahlungsbezirke blos ein einziger zuſammenhängender Fleck entſteht. Denn die Größe der einzelnen Flecke hängt natürlich nicht ausſchließlich von der Größe der die Ausſtrahlung vermittelnden klaren Stellen der Atmoſphäre

— der Ausstrahlungsbezirke — ab, sondern ähnlich wie die Größe unserer Eisschollen auch von den Cohäsionsverhältnissen der Abkühlungsprodukte und der Ruhe der Flüssigkeit, auf der sie schwimmen.

Bis jetzt habe ich keiner Ursache erwähnt, welche bezüglich der Fleckenbildung einen Theil der Sonnenoberfläche mehr begünstigen sollte, als einen anderen. Flecke müßten hiernach allenthalben auf der Sonnenoberfläche entstehen können, und wenn auch ihr Ort und ihre Größe im Einzelnen durchaus zufällig erscheinen muß, so müßte darum nicht minder die durchschnittliche Anzahl und Größe dieser Flecke stets eine unveränderliche, oder wie der Mathematiker dies ausdrückt, eine constante sein. Dies ist nun, wie Sie aus dem Vorhergehenden wissen, nicht der Fall; die Anzahl der Sonnenflecke unterliegt einer periodischen Veränderung, und die Ursache dieser Veränderung muß in der Sonne selbst gesucht werden. Das ist es aber eben, was die Zöllner'sche Sonnentheorie ohne Mühe leistet. Es ergibt sich nämlich, daß nur zwei Ursachen denkbar sind, welche die eben charakterisirte Constante in eine mit der Zeit veränderliche Größe verwandeln könnten. Die erste Ursache ist eine Aenderung der mittleren Temperatur der Sonne. Denn es ist ohne Weiteres klar, daß, wenn die Sonnenflecke Abkühlungsprodukte sind, ihre durchschnittliche Zahl und Größe ein bestimmter Ausdruck für das Abkühlungsstadium der Sonne sein muß. In dem Maße als die Sonnentemperatur abnimmt, muß die durchschnittliche Menge der Abkühlungsprodukte — der Flecken — nach und nach bis zur völligen Verdunkelung der ganzen Sonnenoberfläche wachsen. Als zweite Ursache könnte man eine gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Flecken bezüglich ihrer Entstehung,

Dauer und Größe annehmen. Da wir aber gesehen haben, daß nur dann die durchschnittliche Zahl und Größe der Flecke eine constante ist, wenn die einzelnen Flecke relativ zufällige Erscheinungen, also unabhängig von einander sind, so muß andernfalls, also unter der Einwirkung der zweiten Ursache, die durchschnittliche Zahl und Größe der Flecke mit der Zeit unveränderlich sein. Aber welcher Art ist diese Veränderlichkeit? Nimmt der Mittelwerth der Zahl und Größe der Flecke zu? Nimmt er vielleicht nach und nach ab? Schwankt er zwischen gewissen Grenzen hin und her? Eine andere Möglichkeit der Veränderung, als in diesen Fragen ausgedrückt wird, ist nicht denkbar. Wenn der Mittelwerth für den Fleckenstand der Sonne continuirlich zu- oder abnähme, so würde dies lediglich nur eine Folge der Aenderung des Temperaturzustandes der Sonne sein können. Wir wissen, daß diese Temperatur im Laufe der Zeiten abgenommen hat und auch fernerhin abnehmen muß, allein diese Abnahme ist so langsam, daß sie für die Dauer menschlicher Verhältnisse als verschwindend gering zu betrachten ist. Daher kann also in keinem Falle eine continuirliche Abnahme der Frequenz der Sonnenflecke stattfinden, aber auch eine Zunahme für unsere Beobachtungen nicht merklich sein. Sonach gestattet also die Theorie nur ein Hin- und Herschwanken zwischen gewissen Grenzen der Häufigkeit, wie es die Beobachtungen thatsächlich anzeigen. Aber noch mehr. Die Dauer der einzelnen Schwankungen in der Häufigkeit der Flecke hängt natürlich hauptsächlich von denjenigen Ursachen und Bedingungen ab, vermöge welcher sie überhaupt entstehen. Wenn daher, wie es in der That der Fall ist, diese Umstände längere Zeit hindurch unveränderlich sind, so muß auch die Wiederkehr der dadurch

bedingten Veränderungen in der Fleckenhäufigkeit eine periodiſche ſein. Um nun hiernach die Periodicität in der Häufigkeit und Größe der Sonnenflecke zu erklären, muß man die zweite oben angegebene Urſache als wirkend denken, d. h man muß eine gegenſeitige Abhängigkeit der Flecke bezüglich ihrer Entſtehung, Dauer und Größe annehmen. Dies geſchieht aber durch die Annahme einer allgemeineren Ausdehnung der Gleichgewichtsſtörungen in der Atmoſphäre der Sonne, und dieſe Annahme wird hiedurch nicht nur umgekehrt wieder wahrſcheinlich, ſondern findet auch in den directen Beobachtungen ihre Beſtätigung, da dieſe zeigen, daß ſich um die Zeit der Flecken-Maxima, d. h. zur Zeit der größten Häufigkeit der Sonnenflecke, auf der ganzen Oberfläche der Sonne große Umwälzungen vollziehen. „Es würde“, ſagt Zöllner, „unter dieſer Vorausſetzung der Uebergang von einem Maximum zu einem Minimum der Sonnenflecken nichts anders, als ein großer, in der ganzen Sonnenatmoſphäre gleichzeitig ſtattfindender Ausgleichungsproceß von Druck- und Temperaturdifferenzen ſein, die ſich nach eingetretener Ruhe und Klarheit der Atmoſphäre in Folge der hiedurch begünſtigten Ausſtrahlung von neuem erzeugen und ſo die Wiederholung des ganzen Proceſſes bedingen. Die Dauer eines ſolchen Ausgleichungsproceſſes wird bei durchſchnittlich conſtanter Größe der auszugleichenden Differenzen, im Weſentlichen von drei Umſtänden abhängen: nämlich von der Leitungsfähigkeit, Beweglichkeit und Maſſe derjenigen Körper, an welchen ſich der Proceß vollzieht.

Im vorliegenden Falle würde offenbar die Auflöſung der Flecken um ſo ſchneller von Statten gehen, je größer die Leitungsfähigkeit der die Flecken bildenden Abkühlungsprodukte und je größer die Beweglichkeit der über dieſen

Produkten lagernden Atmosphäre ist. Der Zustand atmosphärischer Ruhe und Klarheit, der nach vollendeter Auflösung die Bedingung zur Entstehung neuer Flecken ist, wird desto früher wieder eintreten, je kleiner die Masse der bewegten Luftmengen ist. Diese Masse würde aber im betrachteten Falle durch diejenige der gesammten Sonnenatmosphäre repräsentirt werden und daher constant sein müssen, ebenso wie diese Constanz des mittleren Werthes für die beiden andern Größen, der Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit, bei Berücksichtigung der ganzen Sonnenoberfläche innerhalb langer Zeiträume vorhanden sein wird. Wenn aber die wesentlichen Bedingungen einer Erscheinung constant sind, so müssen auch die wesentlichen der von ihnen bedingten Momente jener Erscheinung constant bleiben, und ein solches Moment ist im vorliegenden Falle die Zeit, welche zwischen einem Maximum und Minimum in der Zahl und Größe der Sonnenflecken verfließt. Andrerseits ist ersichtlich, daß im Laufe solcher Zeiträume, in denen die Abnahme der mittleren Temperatur der Sonne einen merklichen Einfluß auf die erwähnten Eigenschaften ausübt, auch die Periodendauer solche Aenderungen erleiden muß, welche bei fortdauernder Abkühlung continuirlich das Ende des ganzen Phänomens durch die schließliche Inkrustirung des ganzen Sonnenkörpers herbeizuführen geeignet sind."

Wir kennen den Fleckenzustand der Sonne und die Periodendauer der Fleckenhäufigkeit mit einiger Sicherheit seit etwa 250 Jahren. Innerhalb dieses Zeitraumes hat die Periodendauer keine wesentlichen Aenderungen in dem hier geforderten Sinne erfahren. Ein Zeitraum von 250 Jahren ist also verschwindend gering im Vergleiche

zu der Zeit, in der die Sonne eine irgend merkliche Abnahme ihrer Temperatur erfährt. Mit einiger Wahrscheinlichkeit kann man sogar noch weiter in die Vergangenheit hinaufgehen und beweisen, daß auch in noch früherer Zeit die Sonnenfleckenperiode ihre gegenwärtige Dauer von nahe $11\frac{1}{6}$ Jahren besessen hat. Die Geschichte meldet nämlich von auffallenden Verdunkelungen der Sonnenscheibe zu verschiedenen Zeiten. Legt man diesen Verdunkelungen als Ursache eine abnorme Fleckenhäufigkeit zum Grunde, und betrachtet sie als zusammenfallend mit der Zeit der Fleckenmaxima, so kann man, indem man mit der bekannten Periodendauer der Flecke zurückrechnet, aus der Uebereinstimmung der berechneten mit den durch die Geschichte überlieferten Jahren auf die Periodendauer in den früheren Jahrhunderten zurückschließen.

Als Jahre, in denen die Abnahme des Sonnenlichtes historisch festgestellt ist, kann man mit Sicherheit folgende annehmen: 536, 626, 733, 1091, 1206. Rechnet man nun mit der von Wolf festgestellten mittleren Periodendaner von 11.55 Jahren zurück und geht dabei von dem Jahre 1860 als Epoche des mittleren Fleckenmaximums aus, so kommt man auf die Jahre: 533, 622, 733, 1090 und 1202, die in der That von den historischen Jahren nur wenig abweichen. Wenn man der durch Wolf bestimmten mittleren Periode der Sonnenflecke nur eine kleine Vergrößerung von 8 Tagen beilegt, so würde man eine fast vollkommene Uebereinstimmung erhalten, und diese Vergrößerung ist mehr als 17mal kleiner als die wahrscheinliche Unsicherheit, mit der die mittlere Wolf'sche Fleckenperiode noch behaftet ist, da deren Unsicherheit 138 Tage beträgt. Man kann also behaupten, daß ein Zeitraum von mehr als 13 Jahrhunderten verschwindend gering

ist gegen denjenigen Zeitraum welchen die Temperaturabnahme der Sonne in Anspruch nehmen muß, um sich in der Periodendauer der Sonnenflecke wahrnehmbar zu machen. Das ist eine neue Bestätigung meiner früheren Behauptung, daß die Temperaturabnahme der Sonne ganz ungeheurer Zeiträume bedarf, ehe sie uns irgend merklich wird.

Ich habe bis jetzt nicht das Auftreten der Sonnenflecke in den verschiedenen Breiten auf der Sonnenkugel besprochen, obgleich, wie Sie wissen, auch in dieser Beziehung die Flecke gewisse Eigenthümlichkeiten zeigen, indem sie in bestimmten Parallelkreisen am zahlreichsten, in andern dagegen nur sehr selten vorhanden sind. Auch in dieser Hinsicht ist die Zöllner'sche Sonnentheorie geeignet, ursächliche Beziehungen nachzuweisen, von denen man hätte glauben sollen, daß sie uns unbekannt geblieben wären.

Sucht man nach den Ursachen, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Punkten der Sonnenscheibe je nach der Breite hervorrufen, so finden wir nur eine einzige, welche in dieser Beziehung als wirksam gedacht werden könnte, nämlich die Rotation des Sonnenkörpers um seine Axe. Auf der nicht rotirenden, kugelförmigen Sonne würde die Schwere an jedem Punkte der Oberfläche gleich sein. Sobald aber die Sonne sich um ihre Axe dreht, wird diese Gleichheit gestört, die Schwere nimmt in dem Maße ab, als die Rotationsbewegung schneller ist. Nun findet sich aber die größte Geschwindigkeit in Folge der Umdrehung am Aequator, und sie nimmt von hier gegen die beiden Umdrehungspole hin nach und nach ab, bis sie für die Pole selbst Null ist. Die größte Verminderung der Schwere durch die Rotation muß sich also

am Aequator finden und sie muß mit zunehmender Breite abnehmen, bis sie Null wird unter jedem der Pole. Wir haben also in der That in der Rotation der Sonne eine Ursache, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Punkten der Sonne je nach der Breite hervorruft. Die Verminderung der Schwere durch die Rotation am Sonnenäquator ist nur gering, sie verlangsamt die Fallbewegung in der ersten Secunde noch nicht um $1^1/_4$ Linie; dennoch sind die hierdurch hervorgerufenen Unterschiede der Schwere in den verschiedenen Breiten der Sonne von dem größten Einflusse auf die allgemeinen Bewegungen und Strömungen der Sonnenatmosphäre.

Um dies deutlicher einzusehen, denke man sich eine gleichmäßig heiße Kugel, die von einer flüssigen Umhüllung bedeckt wird. Die untersten Schichten dieser flüssigen Hülle, welche mit der heißen Kugeloberfläche in unmittelbarer Berührung sind, werden sich erwärmen, die obersten hingegen durch Ausstrahlung abkühlen. Durch Erwärmung vermindert sich aber das specifische Gewicht der Flüssigkeit der untersten Schichten und dieselbe wird das Bestreben erhalten, emporzusteigen. Solches Emporsteigen kann aber an irgend einer Stelle offenbar nur stattfinden, wenn an der andern ein Herabkommen stattfindet. Wenn aber, wie wir voraussetzten, bei allen Stellen der Kugel vollkommne Gleichheit der Bedingungen existirt, so ist für keinen Punkt ein Grund vorhanden, weshalb hier eher das Herauf- oder Herabsteigen der Flüssigkeit stattfinden sollte, als an einem andern Punkte. So lange daher kein Unterschied zwischen zwei Punkten erzeugt wird, kann überhaupt keine Gleichgewichtsstörung in der flüssigen Umhüllung eintreten; aber selbst der allerunbedeutendste Unterschied wird schon genügen, um sofort das labile

Gleichgewicht aufzuheben, und das Spiel des Herauf- und Herabsteigens der flüssigen Schichten einzuleiten.

Ein solcher Unterschied ist nun in der durch die Rotation verursachten Verschiedenheit der Schwere unter den verschiedenen Breitenkreisen auf der Sonne gegeben und er muß in der That so wirken, wie wir eben gesehen haben. Am Aequator muß ebenfalls ein Aufsteigen der glühenden atmosphärischen Theile stattfinden, und mächtige Ströme derselben werden sich in der Höhe gegen Norden sowohl als gegen Süden polwärts ergießen, während unten beiderseits von den Polen Strömungen gegen den Sonnenäquator hin stattfinden werden. Sie haben hier in jeder Beziehung ein Analogon zu denjenigen Bewegungen in unserer eigenen Atmosphäre, welche unter dem Namen der Passate bekannt sind. Bei uns findet in Folge der stärkeren Erwärmung am Aequator dort ein mächtiges Aufsteigen von warmer Luft statt. Diese warmen Luftmassen strömen beiderseits gegen die Pole hin und senken sich in dem Maße als sie ihre Wärme verlieren, immer mehr gegen den Erdboden herab, während aus den Polargegenden kalte und deshalb schwerere Luftmassen dicht über dem Erdboden hin gegen die Aequatorgegenden fließen, um den Raum auszufüllen, den die dort aufsteigenden warmen Luftmassen frei machen.

Auf der Sonne also finden analoge Strömungen in der glühenden Atmosphäre statt. Diese Bewegungen aber müssen nun ihrerseits zuletzt eine Rückwirkung auf die Vertheilung der Temperatur an der Oberfläche der glühendflüssigen Sonnenkugel selbst hervorrufen. Zöllner bemerkt hierüber: „In den höheren Breiten sinken die zu beiden Seiten des Aequators abfließenden oberen Ströme herab, nachdem sie auf diesem Wege einen Theil

ihrer Wärme durch Strahlung verloren haben, welche ihnen auf ihrem unteren Wege zum Aequator durch Berührung mit der heißen Oberfläche durch Leitung mitgetheilt wurde. Die polaren Regionen der rotirenden Kugel werden folglich stets von kühleren Theilen der strömenden Flüssigkeitsmassen bespült als die Aequatorealzonen, welche vorwiegend mit den auf ihrem Wege von den Polen bereits erwärmten unteren Strömungen in Berührung kommen. Hierdurch muß die Temperatur der Aequatorealzone erhöht, die der Polarzonen erniedrigt werden und auf diese Weise eine Temperaturvertheilung entstehen, welche für sich allein auch bei einer nicht rotirenden Kugel die angedeuteten Strömungen in demselben Sinne erzeugen müßte."

Die hier theoretisch als nothwendig gezeigten Temperaturunterschiede zwischen den äquatorealen und polaren Gegenden der Sonne sind in der That vorhanden und so beträchtlich, daß sie sich in den Messungen von der Erde aus deutlich zeigen. Secchi hat in der That gefunden, daß die Polargegenden auf der Sonne weniger warm sind wie die äquatorealen, ja daß die nördliche und südliche Hemisphäre der Sonne hinsichtlich ihrer Temperatur einen kleinen Unterschied darbieten.

Betrachten wir jetzt den Einfluß, welchen die Strömungen, die, wie wir gesehen, in der Sonnenathmosphäre stattfinden, auf die letztere selbst ausüben. Wir finden hiebei zunächst, daß gewisse Theile der Sonnenatmosphäre eine Temperaturerniedrigung erfahren, und zwar findet diese, wie Zöllner hervorhebt, aus einem doppelten Grunde statt. Durch den aufsteigenden Luftstrom am Aequator werden die emporstrebenden Luftmassen dem Einflusse der ihnen von der glühendflüssigen Sonnenoberfläche zugeleiteten Wärme entzogen, außerdem dehnen sie sich

beim Emporsteigen aus, verrichten also eine mechanische Arbeit und verbrauchen hiezu wiederum Wärme. Beide Ursachen tragen dazu bei, die Temperatur dieser Luftmassen zu erniedrigen, und in Folge dieser Abkühlung muß sich ein Theil ihrer gasförmigen Stoffe in Gestalt von Wolken ausscheiden. Auch durch die Mischung der äquatorealen und polaren Luftströme müssen Temperaturerniedrigungen und damit Condensationserscheinungen stattfinden. Es ist nun keineswegs nothwendig, ja nicht einmal wahrscheinlich, daß diese Condensationsprodukte uns fleckenartig dunkel erscheinen, zur Bildung von wirklichem Wasserdampfe kommt es hierbei sicher nicht, und die Condensationsprodukte sind wahrscheinlich selbst noch in so beträchtlichem Grade erhitzt, daß sie leuchtend erscheinen. Wenn wir aber auch diese Condensationen nicht wahrzunehmen vermögen, so steht ihre Existenz darum nicht weniger bewiesen da, und wir dürfen mit Sicherheit behaupten, daß in der Aequatorealzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegend atmosphärischer Trübungen sich befinden, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Neben Ruhe ist aber Klarheit, wie wir früher gesehen, ein hauptsächlichstes Erforderniß zur Fleckenbildung. Die Sonnenflecke haben daher die Regionen zu ihrer günstigsten Bildung zwischen den äquatorealen und polaren Gegenden des Sonnenballes.

Es ist wahrhaft überraschend, mit welcher Eleganz und überzeugenden Klarheit Zöllner aus seiner Theorie, blos durch die Macht des logischen Schlußfolgerns, nicht allein alle Erscheinungen, welche die Sonnenoberfläche uns darbietet, ableitet, sondern auch auf Thatsachen hinweist, deren Nothwendigkeit in indirecten Beobachtungen

Bestätigung findet, so daß, wie bei einem stylgerechten Baue, alles in harmonischer Weise mit einander übereinstimmt. Gewisse alte und einige sogenannte neuere Philosophen haben die thatsächlich vorhandene Welt aus bloßen Begriffen heraus construiren wollen und sind dabei in den größten Absurditäten verkommen. Sie haben an den Entwickelungen Zöllners aber ein Beispiel, wie weit das logische Denken im Nachweise der Nothwendigkeit gewisser Anordnungen des Weltalls reicht, wenn es nicht von der Basis wilder Speculation, sondern eines gesicherten Wissens ausgeht.

Fassen wir nun noch einmal Alles, was bis jetzt über die Sonnenflecke, ihr Entstehen und Vergehen ermittelt wurde, kurz zusammen, so haben wir nach Zöllner folgendes Resumé:

„Die Sonnenflecke sind schlackenartige durch Wärmeausstrahlung auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsprodukte, welche sich in Folge der durch sie selber in der Atmosphäre erzeugten Gleichgewichtsstörungen wieder auflösen. Sind diese Störungen nicht nur locale, sondern allgemeiner verbreitete, so ist in Zeiten solcher allgemeiner atmosphärischer Bewegung die Bildung neuer Flecken wenig begünstigt, weil alsdann der Oberfläche die wesentlichsten Bedingungen zu einer starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung fehlen, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Erst wenn die Letztere nach Auflösung der Flecken allmälig wieder zur Ruhe gekommen ist, beginnt der Prozeß von Neuem und erhält auf diese Weise, bei den durchschnittlich für lange Zeiträume als constant zu betrachtenden mittleren Verhältnissen der Sonnenoberfläche, einen periodischen Charakter. — Die räumliche Vertheilung der Flecken muß

nach dieſer Theorie durch die Zonen größter atmoſphäriſcher Klarheit bedingt ſein, welche, wie gezeigt. im Allgemeinen mit den Zonen größter Häufigkeit der Flecken zuſammenfallen."

Die Flecke ſind, wie uns die Beobachtungen anzunehmen zwingen, gewaltige ſchlackenartige Maſſen. Jeder Fleck erzeugt durch ſeine Exiſtenz an der Sonnenoberfläche eine Oertlichkeit, woſelbſt die Temperatur beträchtlich niedriger ſein muß, als an den nicht befleckten Stellen. Die Größe der auf dieſe Weiſe ſtattfindenden Temperaturerniedrigung kennen wir nicht und ſie muß auch in einzelnen Fällen ſelbſtredend ſehr verſchieden ſein, jedenfalls iſt ſie aber ſehr beträchtlich, wie ich ſogleich beweiſen werde. Die hierdurch entſtehende Gleichgewichtsſtörung in der Sonnenatmoſphäre ruft natürlicher Weiſe Strömungen in der letzteren hervor, die in abſteigender und aufſteigender Weiſe in Wirkſamkeit treten müſſen. Dieſe atmoſphäriſche Bewegung begrenzt, wie Zöllner hervorhebt, mit ihrem aufſteigenden Theile die äußere Umgebung der Flecke und erzeugt durch das hiermit verbundene Aufquellen heißerer Theile der Sonnenatmoſphäre über dem gewöhnlichen Niveau der continuirlich wirkenden Gasſchichten, die Sonnenfackeln. Die niederſteigenden Strömungen bewegen ſich gegen die Fleckenoberfläche hin und erleiden ſchon in der Höhe in Folge der veränderten Wärmeſtrahlung von unten eine Abkühlung, als deren Reſultat die Ausſcheidung eines gewiſſen Theiles der aufgelöſten Dämpfe in Form von Wolkengebilden nothwendig erfolgen muß. Dieſe Wolkengebilde umgeben in einer gewiſſen Höhe die Grenzen des ſchlackenartigen Flecks und erſcheinen uns, aus der Ferne geſehen, gerade als das, was man Penumbra oder Halbſchatten nennt. In der That zeigen dieſe Penumbren auch

meist bei hinreichender Vergrößerung eine gegen das Centrum der Flecke gerichtete Stratification und da der Fleck in einzelnen Fällen so beträchtlich unter dem obersten Rande des Penumbra liegen wird, daß in Folge der Sonnenrotation beim Näherrücken an den Rand der Sonne eine optische Verschiebung auftreten kann, oder auch wenn man will, da man solche Verschiebungen der Mittelpunkte von Penumbra und Fleck schon früh zu erkennen glaubte, so entstand hierdurch jene Wilson-Herschel-Arago'sche Theorie des Sonnenballes, die direct allen bezüglichen physikalischen Gesetzen Hohn sprach und nach vielen Anstrengungen erst durch Kirchhoff und Spörer definitiv gestürzt wurde. Diese Theorie der Sonne, wie sie noch von Humboldt im 3. Bande des Kosmos auseinandergesetzt wird, gehört heute glücklicherweise nur mehr der Geschichte der Wissenschaft an und ich will mich nicht dabei weiter aufhalten, als eben ihrer historischen Erwähnung wegen nothwendig ist. Dagegen will ich einiger Beobachtungen gedenken, welche die ungemeine Temperaturerniedrigung da, wo Sonnenflecke auftreten, nachweisen. Diese Erniedrigung der Temperatur kündigt sich an durch das Auftreten von Wasserdampf in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sonnenflecke und ist zuerst von Secchi in Rom durch directe Beobachtungen erwiesen worden. Ich werde diese merkwürdige Entdeckung, welche dem Jahre 1869 angehört, Ihnen mit den eigenen Worten des berühmten römischen Astronomen mittheilen. Derselbe berichtet, nachdem er zuerst seines ausgezeichneten Spectroscops gedacht und eine Beschreibung desselben geliefert hat, Folgendes: „Indem ich mit diesem Instrumente die Umgebung der großen Flecke und vor allem die Anhänge beobachtete, welche, aus kleinen Flecken und Fackeln bestehend, den großen Flecken

folgen, habe ich faſt jedesmal Reihen von nebeligen Linien, 3, 4 oder 6 an der Zahl, geſehen, welche ich mit dem Namen Banden bezeichnen will. Sie ähneln in der Geſtalt den telluriſchen Linien, welche ſich zeigen, wenn die Sonne dem Horizonte nahe iſt. Ich habe die Gegenwart dieſer Banden an ſehr klaren Tagen, bei einer ſolchen Vergrößerung der Sonnenflecke conſtatiren können, daß kein Irrthum möglich iſt. Während man ſie in den Höfen und den Gruppen der kleineren Flecke ſieht, verſchwinden ſie ſowohl auf der reinen Sonnenſcheibe als im Innern der Kerne der Flecke. Ihre Anweſenheit im Geſichtsfelde kündigt jedesmal richtig die Annäherung eines Sonnenflecks an. In der Vorausſetzung, daß vielleicht die Erſcheinung durch die Verminderung des Lichts in der Nähe der Flecke hervorgerufen werde, habe ich die Objectivöffnung des Teleſcops von 25 auf 2 Centimeter verringert, ohne indeß etwas ähnliches zu bemerken. Am 6. Jan. erblickte ich mit Erſtaunen dieſe Banden auf der ganzen Sonnenſcheibe, aber als ich den Himmel betrachtete, bemerkte ich, daß er mit Cirrus-Wolken bedeckt war, mit deren Zergehen auch die Banden auf der ganzen Scheibe verſchwanden. Dieſe Beobachtung ſchien zu beweiſen, daß der Waſſerdampf bei dem Auftreten jener Banden eine Rolle ſpielt, und ich erhielt auch einen directen Beweis hierfür, als ich die Sonne durch ziemlich dichten Nebel beobachtete. Bei dieſer Gelegenheit bemerkte ich indeß, daß, obgleich die Banden auf der ganzen Sonnenſcheibe wohl ſichtbar waren, ſie ſich nahe den Flecken merklich verſtärkten; was hinreichte, um die directe Wirkung der Sonne zu erkennen. Nach dieſen Beobachtungen ſcheint es ausgemacht, daß auf der Sonne Waſſerdampf in der Nähe der großen Flecke exiſtirt; es verbleibt noch die Conſtanz

dieſer Erſcheinung zu verificiren und ob ſie bei allen Flecken nachzuweiſen iſt, denn ich habe ſehr kleine und ſehr ſchwarze Flecke gefunden, welche nichts davon zeigten. Dieſe Beobachtungen ſind ſehr ſchwierig und fein, denn man muß den ſehr wichtigen und unregelmäßigen Einfluß unſerer Atmoſphäre beſeitigen."

Wenn man den Vorgang bei Entſtehung eines Sonnenflecks genau ſtudirt, ſo findet ſich, daß als erſte Wirkung einer begonnenen Temperaturerniedrigung an irgend einer Stelle der Sonnenoberfläche der Beginn von atmoſphäriſchen Strömungen ſich zeigen muß, deren abſteigender Theil nach der kühleren Stelle hin gerichtet iſt. Dieſen abſteigenden müſſen aber in der unmittelbaren Nachbarſchaft auch aufſteigende Ströme entſprechen, und wenn man die Sonnenfackeln als Folgen aufſteigender, durch Temperaturdifferenzen erzeugter Luftſtröme betrachtet, ſo begreift man leicht, daß die Bildung von Sonnenfackeln ſehr häufig dem Entſtehen von Sonnenflecken vorausgehen muß und daß überhaupt Sonnenfackeln durchſchnittlich eine längere Dauer beſitzen müſſen als die Sonnenflecke, weil ſie in der That deren Exiſtenz einleiten und beſchließen. Die Beobachtung ergibt, daß dieſe theoretiſchen Schlüſſe durch die Wirklichkeit ihre volle Beſtätigung finden. Auch das ſtimmt mit der Theorie, daß meiſt den kranzartigen Fackeln nach kurzer Zeit ſchon die Erſcheinung eines Flecks folgt und daß die Fackeln in den beiden Fleckenzonen überhaupt am häufigſten ſind. Fackeln kommen aber in unverminderter Intenſität bis beiderſeits zu den Sonnenpolen vor, bis wohin ſich größere Flecke nicht verirren. Es muß daher in den höheren Breiten der Sonne eine Urſache wirkſam ſein, welche die durch die Fackeln eingeleitete Bildung der Flecken

zeitig verhindert. Vielleicht sind die hellen, meist aderartigen Verzweigungen in den hohen Breiten der Sonnenkugel keine wahren Sonnenfackeln, sondern nur Punkte der helleren Sonnenoberfläche, welche durch die Zwischenräume zwischen den dort stattfindenden atmosphärischen Trübungen sichtbar werden. Die Beobachtung zeigt auch, daß die Fackeln am deutlichsten in der Nähe der Sonnenränder gesehen werden, der Grund dieser Erscheinung ist ein rein optischer, wie man sogleich begreift, wenn man sich erinnert, daß die Fackeln glühende aufsteigende Massen sind, die sich also hoch in die Sonnenatmosphäre hinein erheben. Denken Sie sich nämlich einen Punkt der glühenden Sonnenoberfläche, der für uns mitten auf der Sonnenscheibe erscheint. Das Licht, welches er aussendet, gelangt zu uns, indem es die Schichten der Sonnenatmosphäre durchdringt. Nehmen Sie nun eine leuchtende Masse in dieser Sonnenatmosphäre an, die also über der Sonnenoberfläche sich befindet, und uns ebenfalls mitten auf der Sonnenscheibe, ganz in der Nachbarschaft des so eben betrachteten Punktes der Sonnenoberfläche selbst erscheint. Wenn diese leuchtende Masse für sich genau so viel Licht ausstrahlt, als die daneben befindlichen Punkte der Sonnenoberfläche, so muß sie uns doch heller erscheinen als letztere, weil ihre Strahlen einen kürzeren Weg durch die Sonnenatmosphäre zurücklegten, also weniger geschwächt wurden, als dies mit den Strahlen der darunter befindlichen eigentlichen Sonnenoberfläche der Fall ist. Dieser Helligkeitsunterschied hängt also von der Differenz der Wege ab, welche die beiderseitigen Lichtstrahlen auf ihrer Bahn zum Auge des Beobachters in der Sonnenatmosphäre durchliefen. Diese Differenz wird nun um so größer, je mehr die beiden leuchtenden Punkte

durch die Rotation an den Rand der Sonnenſcheibe geführt werden; demnach muß auch der Unterſchied der Helligkeit ein größerer werden, oder mit anderen Worten, die Fackeln müſſen leuchtender in der Nähe des Sonnenrandes als in der Nachbarſchaft des Sonnenmittelpunktes erſcheinen.

VIII.

Neben den Sonnenflecken und Sonnenfackeln zeigt die Oberfläche unseres Centralkörpers noch andere merkwürdige Erscheinungen, die lange Zeit hindurch nur auf kurze Momente bei Gelegenheit der im allgemeinen keineswegs häufigen totalen Sonnenfinsternisse wahrgenommen werden konnten, die aber gegenwärtig, Dank den Fortschritten, welche die Anwendung der Spectralanalyse gemacht hat, zu jeder Zeit beobachtet werden können, wenn überhaupt die Sonnenscheibe sichtbar ist. Ich meine jene merkwürdigen flammenartigen Hervorragungen am Sonnenrande, welche den Namen Protuberanzen führen.

Bei der totalen Sonnenfinsterniß am 12. Mai 1706 hat Stannyan aus Bern zum ersten Male Protuberanzen in Gestalt eines blutrothen zackigen Saumes, kurze Zeit ehe der Sonnenrand hinter der dunklen Mondscheibe hervorkam, gesehen; allein obgleich diese Wahrnehmung bei späteren Gelegenheiten auch von verschiedenen anderen Beobachtern bestätigt und erweitert wurde, beachtete man auffallender Weise die Wichtigkeit dieses Phänomens für die Theorie der physischen Constitution der Soune so wenig, daß Arago bei Ankündigung der Sonnenfinsterniß

vom Jahre 1842, auf diese fast vergessenen Wahrnehmungen wieder aufmerksam machen mußte. Seitdem ist keine totale Sonnenfinsterniß beobachtet worden, während der man nicht Protuberanzen, sei es in Gestalt von Zacken, Flammen oder Wolken, hinter dem dunklen Mondrande hätte auftauchen sehen. Indessen haben diese Wahrnehmungen trotz der eifrigsten Diskussionen in keiner Weise dazu beigetragen, den wahren Zustand des Sonnenballes zu ergründen. Befangen von physikalisch durchaus unzulässigen Anschauungen über die Natur der Sonne, hielt man, nach dem Vorgange von Arago, die Protuberanzen für erleuchtete Wolkenmassen, die verhältnißmäßig nur langsamen Gestaltveränderungen unterliegen sollten, statt daß man in ihnen dasjenige erkannte, was sie wirklich sind: die glühenden Aufwallungen eines chemischen Processes von ungeheurer Mächtigkeit. Erst die Spectralanalyse hat das Eis der alten Anschauungsweise gebrochen und überzeugend nachgewiesen, daß die Protuberanzen nichts anderes als ungeheure Gasmassen sind, in denen der glühende Wasserstoff eine Hauptrolle spielt. Ich will mich hier nicht darauf einlassen, die Principien der so überaus fruchtbaren prismatischen Lichtanalyse auseinander zu setzen; das hohe Interesse, welches die überraschende Anwendbarkeit dieses jüngsten Gliedes in der Reihe der physikalischen Disciplinen allenthalben erregte, hat die Kenntniß der Principien der Spectralanalyse zum Eigenthum fast eines Jeden gemacht, der auf den Namen eines Gebildeten Anspruch erhebt. Ich will daher hier nur in's Gedächtniß zurückrufen, daß die Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868 zum ersten Male Gelegenheit gab, die Kraft der neuen Analyse an der Untersuchung der Protuberanzen zu erproben. Das vollständige Gelingen der dahin ein-

schlägigen Beobachtungen, der Nachweis der wahren Natur der Protuberanzen und der allgemeinen Richtigkeit der von Kirchhoff vertretenen Anschauungen über den Zustand der Sonne, sind es, welche der totalen Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868 für alle Zeiten eine ruhmvolle Erwähnung in den Jahrbüchern der Wissenschaft sichern.

Die Anwendung der Spectralanalyse zur Erforschung der Protuberanzen würde indeß immerhin eine sehr beeinträchtigte gewesen sein, wenn sie auf die seltenen Phänomene totaler Sonnenfinsternisse beschränkt geblieben wäre. Aber der Fortgang der Wissenschaft bringt es unausbleiblich mit sich, daß jeder Forschritt neue und zahlreichere Fortschritte erzeugt, daß jeder neue Weg abermals neue Bahnen eröffnet, auf denen es dem forschenden Menschengeiste gestattet ist, weiter voranzudringen in der Erkenntniß der Natnrerscheinungen, welche uns umgeben. Schon vor der totalen Sonnenfinsterniß hatte ein eifriger Freund der Astronomie, Norman Lockyer in London, von gewissen Betrachtungen ausgehend über die Wirkung des Spectroscops auf die erhellte Luftmasse in der Umgebung der Sonne einerseits und auf die über den Sonnenrand hervorragenden Protuberanzen anderseits, den Schluß gezogen, daß diese Protuberanzen sich durch die hellen Linien ihrer Spectren nicht blos im Augenblicke totaler Sonnenfinsternisse, sondern zu jeder Zeit am Sonnenrande verrathen müßten. Leider fehlte es ihm anfangs an einem geeigneten Spectroscope, um seine theoretischen Schlüsse einer Prüfung unterziehen zu können, aber sobald die königliche Gesellschaft zu London ein geeignetes Instrument hatte herstellen lassen, erblickte er am 20. October 1868 das Spectrum einer Protuberanz und zeigte dies noch am

nämlichen Tage dem Secretär der königlichen Gesellschaft Dr. Sharpay an. Inzwischen hatten die nach Indien gesandten europäischen Beobachter die totale Sonnenfinsterniß am 18. August beobachtet, aber es war noch keine Nachricht von den erlangten Resultaten eingetroffen. Am 26. October wurden die ersten Nachrichten des französischen Beobachters Janssen publicirt, und es ergab sich, daß auch dieser gleich nach der Finsterniß die Idee gefaßt hatte, die Protuberanz-Linien am hellen Sonnenrande aufzusuchen, was ihm auch direct gelang. Aber als Janssen am 18. August, bei der Totalität, betroffen von dem starken Glanze der Spectrallinien der Protuberanzen, ausrief: „Je reverrai ces lignes là!“ hatte er von dem Principe der Methode, auf dem dieses Wiedersehen der hellen Linien beruht, keine Ahnung. Dieses Princip aber war damals längst und richtig von Lockyer erkannt worden, sein geistiges Auge hatte die Protuberanzen schon erblickt, als das Spectroscop, mit dem am 20. October sein leibliches Auge sie zum ersten Male sah, noch unvollendet in der Werkstätte des Mechanikers sich befand. Dem Engländer gebührt demnach der Ruhm der Entdeckung der Methode zur beliebigen Beobachtung der Protuberanzen, nicht dem Franzosen. Später hat die Methode, die Protuberanzen mittels des Spectroscopes am Sonnenrande wahrzunehmen, durch Huggins, Lockyer, Secchi und besonders durch Zöllner sehr bedeutende Fortschritte gemacht, so daß man gegenwärtig nicht nur die hellen Spectrallinien derselben, sondern direct die ganzen Protuberanzen in ihrer wirklichen Gestalt wahrnehmen kann. Diese Beobachtungen haben unsere Kenntnisse von den physikalischen Zuständen der Sonne bedeutend erweitert und vervollkommt.

Hiernach wird der glühend-flüssige Kern, die eigentliche Sonne, zunächst von einer gasigen Hülle umgeben, welcher man den Namen Chromosphäre beigelegt hat. Diese gasige Hülle befindet sich also in der Mitte zwischen der eigentlichen Sonnenoberfläche, die ihr weißstrahlendes Licht aussendet, und der äußeren Sonnenatmosphäre, sie erscheint für den Anblick von der Erde aus den Rand der Sonne nur in einer geringen Breite zu umsäumen, nichtsdestoweniger kann sie jedoch, mit hinreichend guten Instrumenten, zu jeder Zeit und an allen Punkten des Sonnenrandes wahrgenommen werden. Die Existenz der Chromosphäre zeigt sich an durch das Auftreten gewisser heller Linien und diese Linien verrathen gleichzeitig die Natur der Stoffe, aus welchen die Chromosphäre zusammengesetzt ist. Hierbei hat sich gefunden, daß die Chromosphäre hauptsächlich aus glühendem Wasserstoffgase besteht, aber gleichzeitig stellte sich das merkwürdige Resultat heraus, daß die Zusammensetzung dieser untersten Sonnenumhüllung nicht stets ganz unveränderlich ist, sondern daß bisweilen gewisse glühende Substanzen von der eigentlichen Sonnenoberfläche her in die Chromosphäre eindringen und hier glänzen. So hat man nach und nach gefunden, daß außer dem Wasserstoff zu Zeiten Magnesium, Eisen, Barium und Natrium im Zustande glühender Gase in der Chromosphäre auftreten, ja Lockyer hat das Vorhandensein von glühenden Eisen- und Magnesiumdämpfen in allen Breiten der Chromosphäre nachgewiesen. Die Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniß vom 22. December 1870 hat außerdem im Spectrum der Chromosphäre eine grüne Linie gezeigt, welche mit keinem bekannten irdischen Stoffe identificirt werden kann und vielleicht einem neuen Elemente angehört. Ob die Chromosphäre unmittelbar auf

der Sonnenoberfläche ruht, ist eine Frage, die mit Sicherheit noch nicht entschieden ist. Lockyer bejaht sie, aber Secchi in Rom glaubt, daß zwischen der Sonnenoberfläche und der Chromosphäre noch eine schmale Schicht sich befinde, die beide von einander scheidet. Er gründet diese Behauptung auf gewisse Beobachtungen, welche er zu Anfang des Jahres 1869 angestellt hat, und aus denen sich ergab, daß zwischen der rosigen Schichte der Chromosphäre und dem Sonnenrande ein kleiner, kaum zwei oder drei Bogensecunden breiter Raum existirt, welcher ein weder durch helle noch dunkle Linien unterbrochenes, sondern vielmehr continuirliches Spectrum gibt. Lockyer und andere Beobachter haben diese Trennungsschichte niemals wahrzunehmen vermocht und bestreiten überhaupt ihre Existenz. Allein Secchi erklärt selbst, daß die Wahrnehmung der Trennungsschichte schwierig sei und nur unter sehr günstigen Umständen gelinge. Es ist sogar ganz unmöglich, sagt er, diese Erscheinung überhaupt wahrzunehmen, wenn man nicht zwei wesentliche Vorsichtsmaßregeln ergreift: nämlich erstens das Sonnenbild vergrößert, damit die scheinbare Breite der schmalen Trennungsschichte zunimmt und breiter wird als der Spalt des Spectroscops und zweitens die Länge des Spalts verkleinert, damit das Spectrum nicht zu breit wird. Auf diese Weise erhält man einen fast geradlinigten Theil des Sonnenrandes, während ohne diese Einrichtungen die Strahlen verschiedener Punkte des krummen Bogens sich im Spectrum mischen und die Erscheinung vollkommen verwischen müssen. Wenn wirklich eine solche Schichte existirt, so muß sie sich auch bei totalen Sonnenfinsternissen zeigen, und in der That macht Secchi darauf aufmerksam, daß er bei der totalen Sonnenfinsterniß, die 1860 in Spanien beobachtet wurde, zu-

erſt den Sonnenrand ganz ſcharf verſchwinden ſah, darauf eine ſehr lebhafte Lichtſchichte wahrnahm und zuletzt erſt die roſige Schichte der Protuberanzen, alſo das, was wir heute Chromoſphäre nennen. Etwas ganz ähnliches hat aber neun Jahre vor Secchi, Julius Schmidt bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinſterniß vom 8. Juli 1851 beobachtet. „Etwa vier Secunden vor dem Ende der totalen Verfinſterung", ſagt dieſer Aſtronom, „ſah ich plötzlich lebhaftes rothes Licht in Geſtalt zweier ſehr zarter Linien ſich auf dem Rande des Mondes fortbewegen und zwar von den Wurzeln zweier Protuberanzen aus gegen die Mitte des ſie trennenden Raumes. Es war, als flöße rothglühendes Metall über den ſchwarzen Mondrand hin und doch war dieſe ſcheinbar fließende Bewegung nur eine Folge von dem Fortrücken des Mondes. Anderthalb Secunden vor dem Ende der Totalität vereinigten ſich beide Linien in der Mitte zu einem vollſtändigen, höchſt zarten Bogen von ſtark roſenrothem Lichte. In ſeiner ganzen Erſtreckung ſchien er aus einer ſehr großen Menge der kleinſten Protuberanzen zu beſtehen, von denen einige den Bogen etwas überragten. Nun glaubte ich im Momente der Bildung dieſes Bogens das Sonnenlicht erwarten zu müſſen — in demſelben Augenblick trennt ſich die rothe Curve vom dunkeln Mondrande und zwiſchen beiden tritt eine ſilberweiße und höchſt intenſive Lichtlinie hervor, concentriſch mit der rothen, ſcharf von dieſer, noch mehr aber vom Monde geſchieden. Eine Secunde lang mochte ich ſie geſehen haben, zweifelnd wegen der doch zu geringen Helligkeit, ob das Ende der Totalität eingetreten ſei, als plötzlich, ſichelförmig, in gewaltigem Glanze, das wahre Licht der Sonne wie ein Blitzſtrahl hervorſchoß und in demſelben Augenblicke die ganze Reihe der wunderbaren Erſcheinungen

zum Verschwinden brachte.“ Diese Wahrnehmung und Beschreibung ist so bestimmt und klar, wie man bei einem so scharfen Beobachter als der Astronom Jul. Schmidt ist, erwarten konnte; sie würde auch die Frage nach der Trennungsschichte zwischen der Sonne und der Chromosphäre unbedingt im Sinne Secchi's entscheiden, wenn nicht ein Umstand vorhanden wäre, der doch noch ein Fragezeichen in die Sache hereinbrächte. Es ist dies die Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre. In Folge dieser Strahlenbrechung muß rings um den Rand der Sonnenscheibe noch ein schmaler Saum sichtbar werden, welcher der abgewandten Sonnenseite angehört. Bei directem Anblicke der Sonnenscheibe können wir denselben im allgemeinen nicht wahrnehmen, aber verschiedene Thatsachen sprechen dafür, daß wir ihn bei totalen Sonnenfinsternissen, wenn die leuchtende Vorderseite der Sonne verdeckt ist, gelegentlich sehen können. Ist dies bei den Beobachtungen von Schmidt und Secchi 1851 und 1860 der Fall gewesen, so sind diese Beobachtungen natürlich für die Existenz der „Trennungsschichte“ werthlos, andernfalls aber würde die Existenz des letztern dadurch bewiesen. Gegenwärtig hat man noch keinen sichern Anhaltspunkt, welche von diesen beiden Möglichkeiten sich realisirt findet.

Die Chromosphäre als gasförmige Umhüllung der Sonne muß in ihren tieferen, der Sonnenoberfläche nächsten, Schichten am dichtesten sein, genau so wie dies auch bei unserer Atmosphäre der Fall ist. Diese aus physikalischen Gründen nothwendige Thatsache wird durch die spectralanalytischen Beobachtungen durchaus bestätigt. Wenn man nämlich das Spectrum des Wasserstoffs unter verschiedenem Drucke und bei verschiedenen Temperaturen beobachtet, so bemerkt man, daß die characteristischen Streifen desselben

breiter werden und Professor Lippich hat auf theoretischem Wege gefunden, daß diese Erbreiterung für alle Gase ohne Ausnahme in einer ganz bestimmten Beziehung steht zu dem Drucke, unter welchem sie sich befinden und zu der Temperatur, die sie besitzen. Mit Bezug auf die glühende gasförmige Sonnenhülle, die Chromosphäre, ergibt sich hieraus, daß in den untersten Theilen die hellen Spectrallinien die größte Breite zeigen, daß sie dagegen in den höheren Regionen schmaler sein müssen. Lockyer hat dies in der That beobachtet und aus seinen sorgfältigen Untersuchungen geht hervor, daß die grüne Wasserstofflinie in der Chromosphäre die Form einer Pfeilspitze annimmt, unten ist sie am breitesten und nimmt nach oben zu allmählich an Breite ab, bis sie fast in eine Spitze endigt. Dieses Verhalten der Spectrallinien wird mit der Zeit, wenn die Untersuchungen über diesen Gegenstand erst eine größere Ausdehnung gewonnen haben, werthvolle Aufschlüsse über die Temperatur und den Druck in der Chromosphäre gestatten; bis jetzt haben die Versuche, welche in dieser Beziehung gemacht worden sind, noch nicht zu positiven Zahlenwerthen über beide Factoren geführt. Jedenfalls erkennt man aber hier wieder den außerordentlichen Fortschritt, welchen die Wissenschaft in den letzten Jahren vollführt hat, denn wem wäre es nicht vor einem Jahrzehnt als Thorheit erschienen, den Druck und die Temperatur in den unmittelbar über der Sonnenoberfläche ruhenden Schichten dieses Gestirns durch Beobachtungen bestimmen zu wollen?

Die Protuberanzen wurzeln in der Chromosphäre, aber sie erheben sich über diese nicht selten bis zu Höhen, welche in der That erstaunlich genannt werden müssen. Sie erinnern sich, daß der Aequatoreal-Durchmesser der

Erde in der Entfernung der Sonne nur einen Winkel von 17.8 Bogensecunden umspannt; wenn man also bedenkt, daß 1718 geographische Meilen bei senkrechter Ansicht in der Sonnenentfernung noch nicht 18 Bogensecunden groß erscheinen, so muß man gestehen, daß Protuberanzen von 2 oder gar 3 Bogenminuten scheinbarer Höhe ganz respectable Gebilde sind, die die ganze Erde um ein Vielfaches an Volumen übertreffen. Wenn man unsern Weltkörper auf eine dieser glühenden Gassäulen werfen könnte, so würde er darin verschwinden, wie ein kleines Stückchen Kohle, das man in ein Schmiedefeuer wirft. Dieser ganze ungeheure Erdball mit seinen Continenten, Inseln, Seen und Oceanen — wie unbedeutend klein neben einem einzelnen von den zahlreichen glühenden Strömen, die ununterbrochen über die Sonnenoberfläche emporgeworfen werden!

Die Protuberanzen können rücksichtlich ihrer Formen in zwei Hauptclassen unterschieden werden, in wolkenförmige und säulenartige. Die ersteren erinnern lebhaft an unsere irdischen Wolken, sie schweben frei über der Chromosphäre und verändern, so weit sich dies beurtheilen läßt, ihre allgemeine Form für den Anblick von der Erde aus weniger schnell als die zweite Form der Protuberanzen. Diese säulen- oder flammenartigen Gebilde zeigen die merkwürdigsten Formen, bald gleichen sie aufzüngelnden Flammen, bald überhängenden Bergen oder spitzzulaufenden Pyramiden, bald steigen sie, rauchartig durcheinandergewirbelt, senkrecht vom Sonnenrande auf, neigen sich aber in ihrem oberen Theile plötzlich und fast rechtwinkelig und ähnlich wie eine senkrecht aufsteigende Rauchwolke, die bis in einen oberen Luftstrom hineinragt, und von diesem seitwärts fortgeführt wird. Die Gestalt unserer Wolken wird durch das Zusammenwirken der ver-

ſchieden gerichteten Luftſtrömungen der Atmoſphäre bedingt, nicht durch ihre Zuſammenſetzung aus Waſſerbläschen. Auf der Sonne finden analoge Strömungen ſtatt, wie in unſerer Atmoſphäre und man durfte daher mit einigem Rechte von vorneherein erwarten, daß, wenn dort condenſirte glühende Gas- und Dampfmaſſen für uns ſichtbar würden, deren äußere Formen eine große Aehnlichkeit mit den Formen unſerer Wolken darbieten würden.

Die andere Hauptclaſſe der Protuberanzen zeigt ſchon durch ihre ganze Geſtalt, daß ihr Urſprung ein eruptiver iſt; ihr ganzes Auftreten harmonirt mit der Anſicht, daß ſie ungeheure Eruptionen von glühenden Waſſerſtoffmaſſen ſind, die aus dem Innern der Sonne hervorgepreſſt, die Chromoſphäre durchdringen und 10000 ja 20000 Meilen hoch — bis zur halben Entfernung des Mondes von der Erde — in die Sonnenatmoſphäre hinaufgeſchleudert werden. Schon vor der Sonnenfinſterniß von 1868, zu einer Zeit, wo man noch allgemein die Protuberanzen für verhältnißmäßig nur langſam ihrer Geſtalt nach veränderliche Gebilde hielt, habe ich darauf aufmerkſam gemacht, wie es aus der Zuſammenſtellung der einzelnen, bei Gelegenheit totaler Sonnenfinſterniſſe angeſtellten Beobachtungen ſehr wahrſcheinlich werde, daß die Protuberanzen ihre Formen raſch verändern. Die Beobachtungen mittels des Spectroſkops haben in der That ergeben, daß die Protuberanzen ihre ungeheuren Dimenſionen und Geſtalten mit einer Geſchwindigkeit verändern, daß ſie mit einer Gewalt emporgetrieben werden, von der ſich die lebhafteſte Phantaſie kaum eine ſchwache Vorſtellung machen kann. Man muß ſelbſt vor dem Spectral-Fernrohre ſtehen und dieſe glühenden Gasmaſſen betrachten, ihr Aufſchießen und ihre Geſtaltveränderungen verfolgen

und sich gleichzeitig dabei recht lebhaft ins Bewußtsein zurückrufen, daß unser ganzer Erdball, wenn wir ihn an dem Orte der Protuberanzen sehen könnten, nur als ein kleiner schwarzer Punkt erscheinen würde, der in der Gestalt des Protuberanz-Garben verschwände, ohne deren Form oder Bewegung merklich zu alteriren. Das Spectroscop hat gezeigt, daß in der Sonnenatmosphäre ungeheure Wirbelstürme der glühenden Massen stattfinden und der directe Anblick der Protuberanzen bestätigt dies. Das Spectroscop vermag aber auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen zu messen und zwar unter Umständen, wo diese Bewegungen dem Auge gar nicht sichtbar sind, weil sie in gerader Richtung nach dem Beobachter hin vor sich gehen. Dieses findet z. B. statt auf der Mitte des uns zugewandten Theiles der Sonnenscheibe. Denn auf diesen Punkt schaut der Beobachter gewissermaßen von oben herab, und eine genau auf ihn zu gerichtete Bewegung zeigt ihm keine seitliche Verschiebung gegen die Umgebung, d. h. sie kann überhaupt durch directes Sehen nicht entdeckt werden. In dem Maaße, als der betrachtete Punkt der Sonnenscheibe sich mehr und mehr dem Rande nähert, sieht der Beobachter eine senkrecht aufsteigende Bewegung an der Oberfläche der Sonne aus immer schrägerer Richtung, bis er endlich, sobald der Punkt, von dem die Bewegung ausgeht, im Sonnenrande selbst liegt, den vollen perspectivisch unverkürzten Anblick der aufsteigenden Bewegung genießen kann. Nachdem diese Verhältnisse dargelegt sind, muß ich weiter bemerken, daß die charakteristischen Spectrallinien bei Entfernung der Lichtquelle, welcher sie angehören, eine kleine Verschiebung nach dem rothen Ende des Spectrums erleiden, im Vergleiche zu der Lage, wenn die Lichtquelle ihren Ort nicht verändert, daß sie

dagegen bei Annäherung derſelben an den Beobachter um einen gewiſſen geringen Betrag gegen das violette Ende des Spectrums verſchoben werden. Die Größe dieſer Verſchiebung hängt von der Geſchwindigkeit ab, mit welcher ſich die Lichtquelle bewegt. Richtet man nun das Spectroſcop auf eine Protuberanz am Rande der Sonne, deren Bewegung alſo im Allgemeinen eine von der Sonnenoberfläche ſenkrecht aufſteigende iſt, ſo wird man keinerlei Verſchiebung in der Lage der hellen Spectrallinien wahrnehmen können, eben weil die in der Protuberanz ſtattfindenden Bewegungen im allgemeinen weder vom Beobachter ab-, noch gegen ihn hingerichtet, ſondern mehr ſenkrecht aufſteigende ſind. In dieſem Falle alſo zeigt die directe Beobachtung die Bewegung an, das Spectroſcop dagegen iſt hierzu nicht geeignet. Das Umgekehrte muß für die Protuberanzen, welche mitten auf der Sonnenſcheibe ſich befinden, der Fall ſein; hier iſt die Bewegung im allgemeinen gegen den Beobachter hin gerichtet, daher durchaus geeignet, bei hinlänglicher Geſchwindigkeit, ſich durch die Verſchiebung der Spectrallinien bemerklich zu machen. Allein wie ſoll man die Protuberanzen mitten auf der Sonnenſcheibe wahrnehmen? Durch directe Beobachtung iſt dies auf keinen Fall zu erwarten, denn dies gelingt ja nicht einmal für Protuberanzen, die über den Sonnenrand ſich erheben. Hier tritt nun die Spectralanalyſe hilfreich ein. Die hellen Waſſerſtofflinien (C und F, wie ſie bezeichnet zu werden pflegen), welche in den Protuberanzen und der Chromoſphäre leuchtend auftreten, können, wie Lockyer und Secchi bei genauerer Unterſuchung gefunden haben, auch mitten auf der Sonne genau ſo erkannt werden, wie ſie in den Protuberanzen erſcheinen. Das findet auch in der Nähe der Flecke ſtatt, ja eine

dieſer Linien (die Linie F) erſcheint nicht ſelten als helle und als dunkle Linie und zwar in der Weiſe neben einander, daß die helle Linie gegen das violette Ende des Spectrums, die dunkle dagegen gegen das rothe Ende um einen kleinen Betrag verſchoben iſt. Dieſe Verſchiebungen beweiſen, daß eine heiße und leuchtende Materie an den betreffenden Stellen mit rapider Geſchwindigkeit emporſteigt, während eine kühlere Maſſe, welche auf die Lichtſtrahlen abſorbirend wirkt — indem ſie die helle Spectrallinie in eine dunkle verwandelt — ſich mit einer ähnlichen großen Geſchwindigkeit gegen die Sonnenoberfläche herabſtürzt. Lockyer hat aus ſeinen Beobachtungen gefunden, daß die größte Geſchwindigkeit dieſer Bewegungen in ſenkrechter Richtung bis zu 40 engliſchen Meilen in der Secunde, in horizontaler ſogar bis zu 120 engliſchen Meilen pro Secunde beträgt. Die Protuberanzen, welche durch ſolche ungeheuer geſchwinde und große Ausſtrömungen glühender Gasmaſſen entſtehen, zeigen dadurch einen entſchieden eruptiven Charakter an, ſie bezeichnen glühende Gaseruptionen von der Oberfläche der Sonnenſcheibe aus und dieſe Eruptionen müſſen als nothwendige Folgen von Druckdifferenzen entſtehen. Dies wird durch directe Beobachtungen bewieſen, denn es hat ſich ergeben, daß die helle Linie (F), welche die Anweſenheit und Bewegung der Protuberanzen auf der Sonnenſcheibe verräth, an Breite zunimmt innerhalb der von der Sonnenſcheibe herrührenden nämlichen aber dunklen (Abſorptions-Linie). Eine Verbreiterung der Spectrallinien deutet aber, wie wir ſchon oben geſehen haben, auf einen höheren Druck, unter welchem das glühende Gas ſich befindet. Die Protuberanzen werden alſo gewiſſermaßen aus dem Sonnenkörper herausgepreſſt, in Folge des enormen Druckes, unter welchem ſie

ſich dort befinden. Um aber hiedurch das Emporſchießen der glühenden Gasmaſſen erklären zu können, iſt die fernere Annahme nothwendig, daß zwiſchen der Sonnenoberfläche und der Chromoſphäre ſich eine Trennungsſchichte befindet, welche die Regionen von ſehr ungleicher Temperatur und ſehr ungleichem Drucke von einander ſcheidet. Was die phyſikaliſche Beſchaffenheit dieſer Trennungsſchichte anbelangt, ſo kann dieſelbe in keinem Falle als gasförmig gedacht werden; aber eben ſo wenig kann ſie in Geſtalt einer feſten Kruſte die Sonne umhüllen, denn das widerſtreitet den Ergebniſſen der ſpectroſcopiſch-aſtronomiſchen Unterſuchung, welche eine enorm hohe Temperatur der Sonne feſtgeſtellt haben. Es bleibt ſonach nichts anders übrig, als die nothwendig vorhandene Trennungsſchichte für eine glühende Flüſſigkeit zu erklären. Auf einer flüſſigen Oberfläche entſtehen aber, wie wir geſehen haben, auch die Sonnenflecke, welche ja nichts anderes als ungeheure Schlackenfelder ſind, die auf dieſer glühenden Flüſſigkeit ſchwimmen. Es iſt daher, wie Zöllner hervorhebt, am einfachſten und naheliegendſten, die Oberfläche der Trennungsſchichte und diejenige der flüſſigen Schichte, in welcher die Flecken ſchwimmen, für identiſch anzunehmen. Hiernach würde dieſer Schicht eine Dicke von 8 Bogenſecunden oder 750 bis 800 geographiſchen Meilen zukommen.

Die durch dieſe Trennungsſchicht hindurchbrechenden glühenden Maſſen beſtehen faſt ausſchließlich aus Waſſerſtoffgas. Man kann nun, da die Natur dieſer Gasmaſſen bekannt iſt, da man ferner die Schwerkraft an der Sonnenoberfläche und die Höhe, bis zu welcher die Protuberanzen emporſteigen, kennt, die mechaniſche Arbeit berechnen, welche nothwendig iſt, um dieſen Effect zu bewirken.

Diese mechanische Arbeit aber läßt sich ebenso leicht in ihr Wärmeäquivalent umsetzen und unter Zuziehung der specifischen Wärme des Wasserstoffs hieraus endlich die Temperatur desjenigen Theiles der Sonne berechnen, woselbst die beobachteten Erscheinungen stattfinden. Auf diese Weise hat Zöllner gefunden, daß in demjenigen Raume, aus welchem eine Protuberanz von 90 Bogensecunden scheinbarer oder 9000 Meilen wahrer Höhe hervorbricht, eine absolute Temperatur von etwa 40000 Graden des hunderttheiligen Thermometers herrschen muß. Für Protuberanzen, welche die doppelte Höhe der vorgenannten erreichen — und solche sind nicht gar selten — steigert sich die bezeichnete Temperatur fast auf das Doppelte. Was den Druck des Gases anbelangt, so findet Zöllner denselben in der Ebene der Ausströmungsöffnung zu beinahe 200000, im innern Raume dagegen zu 4,000000 Atmosphären. Zöllner ist bei diesen Berechnungen von der Ansicht ausgegangen, daß die glühenden Wasserstoffmassen sich in der Nähe der Sonnenoberfläche in blasenartigen Hohlräumen ansammeln und von hier aus bei entsprechenden Druckdifferenzen als Eruptionsprotuberanzen hervorbrechen. Diese Hohlräume werden von der glühend flüssigen Materie gebildet, welche das Innere des Sonnenballes constituirt. Auf den ersten Anblick scheint es, als wenn die Annahme, daß das Innere der Sonne ganz von glühendem Wasserstoffgase angefüllt, und diese ungeheure Gaskugel von einer flüssigen Hülle — der Trennungsschichte — eingeschlossen sei, den Erscheinungen ebensogut und noch ungezwungener Genüge leisten könne. Allein Zöllner hat nachgewiesen, daß diese Annahme zuletzt auf dasselbe hinausführt wie die erstere. Es würde nämlich unter dieser Voraussetzung, nach den Grundlehren der

Mechanik nur dann ein ſtabiles Gleichgewicht ſtattfinden können, wenn das ſpecifiſche Gewicht der flüſſigen Grenzſchichte geringer iſt, als dasjenige der unmittelbar darunter befindlichen Gasſchichte. Da aber die Dichtigkeit einer Gaskugel nothwendig von Außen nach Innen hin wächſt, ſo muß das ſpecifiſche Gewicht der Grenzſchicht geringer ſein, als das mittlere Gewicht der Sonne. Setzt man aber als oberſte Grenze hierfür das mittlere ſpecifiſche Gewicht der Sonne, ſo würde man hierdurch gleichzeitig die Annahme machen, daß alle tieferen Gasſchichten unter der flüſſigen Hülle das gleiche ſpecifiſche Gewicht beſitzen. Denn geringer kann das ſpecifiſche Gewicht dieſer Gasſchichten ſelbſt in den äußerſten Theilen derſelben nicht ſein, weil ſonſt die unmittelbar darüber liegende flüſſige Grenzſchichte ein größeres ſpecifiſches Gewicht beſäße und dieſes mit einem ſtabilen Gleichgewichte unverträglich iſt. Größer könnte das ſpecifiſche Gewicht der oberſten und überhaupt aller Gasſchichten im Innern der Sonne aber auch nicht ſein, wie dasjenige der flüſſigen Hülle, weil ſonſt das durchſchnittliche ſpecifiſche Gewicht der Sonne ebenfalls größer als dasjenige dieſer Hülle ſein müßte, was gegen die Annahme iſt. Alſo müßte in dieſem Falle das ſpecifiſche Gewicht aller Schichten des gasförmigen Sonnen-Innern das gleiche ſein. Nun nimmt aber die Dichtigkeit einer Gaskugel von oben nach dem Mittelpunkte hin zu, das Sonneninnere könnte alſo auf keinen Fall eine Gaskugel ſein, ſondern müßte aus einer unzuſammendrückbaren und daher in allen Theilen gleiches ſpecifiſches Gewicht beſitzenden Flüſſigkeit beſtehen. Damit haben wir aber ganz genau die Zöllner'ſche Theorie, nach welcher die gaſigen Waſſerſtoffmaſſen aus blaſenartigen Hohlräumen, die aus flüſſigen Maſſen gebildet ſind,

emporbrechen. Dieſe ungeheuren Gasmaſſen ſind alſo, verglichen mit dem ganzen, glühend-flüſſigen Sonnen-Innern, nur lokale Anſammlungen nahe der Oberfläche, die an Maſſe und Ausdehnung durchaus gegen die gluthflüſſige Sonnenkugel verſchwinden.

Die Annahme eines glühend-flüſſigen Sonnenkernes rechtfertigt ſich aber auch noch, wenn man den Druck berechnet, welcher im Innern der Sonne herrſcht. Der ungeheure, jede Vorſtellung überſteigende Druck von 4000000 Atmoſphären oder 60 Millionen Pfund auf jeden Quadratzoll Oberfläche, herrſcht der Berechnung zufolge, ſchon in einer Tiefe von 139 Meilen unter der Sonnenoberfläche, und in größerer Tiefe nimmt dieſer Druck zudem noch ungemein raſch zu. Das Experiment hat nun ſchon ſeit geraumer Zeit gelehrt, daß gewiſſe Gaſe durch hinreichenden Druck in tropfbare Flüſſigkeiten verwandelt werden können. Beſonders der geniale Faraday hat auf dieſem Wege ſehr intereſſante und wichtige Reſultate erhalten. Im Jahre 1844 gelang es ihm ſogar, gewiſſe Gaſe nicht allein zu Flüſſigkeiten zu comprimiren, ſondern ſogar in die feſte Aggregatform überzuführen. Faraday verfuhr bei ſeinen Unterſuchungen derart, daß er der Wirkung des angewandten ſtarken Druckes auf das Gas, diejenige einer intenſiven Kälte zugeſellte. In der That unterſtützt Kälte die Zuſammenpreſſung beträchtlich, Erwärmung dagegen widerſetzt ſich ihr, ſie verleiht den Gasmolekülen eine gewiſſe Kraft, der Verdichtung zu widerſtehen. Genau das Gleiche muß auch auf der Sonne ſtattfinden. Die daſelbſt herrſchende ungeheure Gluth ſetzt der Zuſammenpreſſung der inneren Gasmaſſen einen ebenſo ungeheuren Widerſtand entgegen, aber der noch unverhältnißmäßig beträchtlichere Druck überwiegt in ſolchem Grade, daß trotz

der enormen Gluth die permanenten Gase z. B. der Wasserstoff nur in glühend-flüssigem Zustande in der Sonne vorhanden sein können.

Die hohen Werthe für die Temperatur der obersten Sonnenschichten, welche Zöllner aus seinen Untersuchungen abgeleitet hat und wonach die dort herrschende Hitze diejenige des in richtigem Verhältnisse gemischten Knallgases von Kohlenoxyd und Sauerstoff, die nach Bunsen's Arbeiten 3000 Grad C. beträgt, ganz unvergleichlich übertrifft, steht durchaus in Uebereinstimmung mit den Meinungen, welche man sich über die Sonnengluth gebildet hat. Ja, Secchi ist geneigt, die Temperatur der Sonne noch weit höher anzunehmen, und veranschlagt sie auf 5 bis 10 Millionen Grade. Doch ist das nur eine unvollkommene und von irrthümlichen Voraussetzungen ausgehende Schätzung, die neben Zöllner's Resultaten keinen Werth besitzt. Ich will, ehe ich auf den Zusammenhang zwischen den Protuberanzen und den Sonnenflecken näher eingehe, hier noch eines Versuches gedenken, die Temperatur der Sonnenoberfläche zu bestimmen, den vor fast zwanzig Jahren Waterston angestellt hat, und der zwar damals keine positiven Resultate lieferte, der aber trotzdem verdient, unter vervollkommten Bedingungen wiederholt zu werden. Ein Thermometer wurde in drei concentrische Hüllen eingeschlossen, die durch eine Lampe gleichmäßig bis auf 200 Grad C. erhitzt werden konnten. Dieser Apparat wurde unter Ausschluß der Sonnenstrahlen auf eine beliebige unveränderliche Temperatur gebracht. Hierauf ließ man durch Glaseinsätze in den drei Hüllen, die Sonnenstrahlen einfallen und beobachtete die Erhöhung des Thermometerstandes. Diese Erhöhung erwies sich stets gleich und betrug etwa

28 Grad, mochte die anfängliche Temperatur auch irgend einen beliebigen Werth bis zu 120 Grad C. beſitzen. Nun wächſt aber nach einem bekannten phyſikaliſchen Geſetze die Wärmeſtrahlung ungefähr in dem nämlichen Verhältniſſe wie der Wärmeunterſchied der Körper, zwiſchen denen ſie ſtattfindet. Es ergibt ſich alſo aus Waterſtons Verſuchen, daß ein Temperaturunterſchied von etwa 100 Grad C. verſchwindend gering iſt gegen die Anzahl der Thermometergrade welche die Sonnentemperatur ausdrückt. —

Wir haben geſehen, wie die Sonnenprotuberanzen jederzeit am Sonnenrande wie auf der Sonnenſcheibe exiſtiren und unter Anwendung paſſender Hilfsmittel wahrgenommen werden können. Wir wollen nun zuſehen, wie dieſe Gebilde über die verſchiedenen Theile des Sonnenballes vertheilt ſind und in welcher nähern Beziehung ſie etwa zu den Sonnenflecken oder Sonnenfackeln ſtehen.

Bezüglich der Vertheilung der Protuberanzen über die verſchiedenen Breitenkreiſe auf der Sonnenoberfläche, hat Profeſſor Reſpighi ſehr werthvolle Beobachtungen angeſtellt, indem er während der Dauer eines Jahres Tag für Tag den Sonnenrand unterſuchte und die wahrgenommenen Protuberanzen aufzeichnete. Aus dieſen Aufzeichnungen hat ſich ergeben, daß auf der ſüdlichen Halbkugel der Sonne die Protuberanzen ſowohl an Zahl als an Größe gegen die nördliche Sonnenhemiſphäre vorherrſchen. In den polaren Gegenden der Sonne bis zu 20 Grad von jedem der Pole entfernt, kommen Protuberanzen nur ſelten oder gar nicht vor, wenigſtens gilt dies von größeren Protuberanzen, nicht von jenen kleinen Anſchwellungen der Chromoſphäre, wobei dieſe an ihrer Oberfläche wie gezahnt erſcheint. In den äquatorealen

Gegenden der Sonne ſind große Protuberanzen ebenfalls äußerſt ſelten, ſie kommen hier bei weitem nicht ſo häufig vor, als in höheren Breiten. Die Protuberanzen ſind am zahlreichſten in den beiden Fleckenzonen, doch finden ſich die meiſten Gebilde dieſer Art in den Breiten von 40 bis 45 Grad, wo hinwiederum große Flecke ſehr ſelten ſind. Die Protuberanzen ſtehen alſo in einer gewiſſen Beziehung zu den Flecken. Das wird auch dadurch beſtätigt, daß nach den Unterſuchungen von Reſpighi die Chromoſphäre in der Nähe von Flecken ziemlich niedrig, regelmäßig und ſehr hell iſt, und daß von den Kernen der Flecke entweder gar keine oder doch nur ſehr ſchwache Protuberanzen aufſteigen. Dagegen zeigen ſich in der Nähe der Sonnenflecke große Protuberanzen von heftigen Bewegungen und bedeutender Intenſität, die nicht allein Waſſerſtoff, ſondern wie ihre Spectrallinien beweiſen, auch andere Stoffe enthalten. Dieſe hellen Linien entſprechen meiſt denjenigen des Natriums, Magneſiums und Eiſens, es kommen aber auch einige helle Linien vor, welche mit keinem bekannten Spectrum von irdiſchen Stoffen identificirt werden können und dennoch in der ganzen Ausdehnung der Protuberanzen von deren Baſis bis zum Gipfel ſichtbar ſind. Was die Dauer der Protuberanzen anbelangt, ſo haben die Beobachtungen von Reſpighi gezeigt, daß einige von ihnen in wenigen Minuten entſtehen und wieder verſchwinden, andere hingegen längere Zeit andauern und ihre Form bewahren. Am veränderlichſten erſcheinen diejenigen Protuberanzen, welche in der unmittelbaren Nachbarſchaft von Sonnenflecken entſtehen, am längſten dagegen bleiben diejenigen beſtehen, welche jenſeits der Fleckenzone bis etwa zum 70. Grade der

Breite auftauchen. Dieſe Gebilde hat Reſpighi bisweilen nach einer ganzen Sonnenrotation wiedergeſehen und aus den Zeiten dieſes Wiedererſcheinens berechnet, daß die Rotation der Sonne in jenen hohen Breiten ſehr nahe ebenſo groß iſt, wie ſie die Beobachtungen von Flecken in den dem Aequator näheren Breiten ergeben haben. Hieraus folgt, daß jene Protuberanzen keine eigene Bewegung beſitzen, ſondern die wahre Umdrehungsdauer der Sonne ergeben, die von derjenigen, welche aus der Bewegung der Flecke, beſonders in höheren Breiten folgt, abweicht. Im allgemeinen fand Reſpighi, daß das Aufkommen einer Protuberanz durch das Abtrennen heller Punkte oder Striche von der Chromoſphäre angezeigt wird, daß ſich aus dieſen Punkten dünne Strahlen in die Höhe erheben und in paraboliſchen Bewegungen niederfallen, daß dieſe Strahlen ſich ſchließlich zu größeren, nebeligen Maſſen verbinden und dann entweder bald auf die Sonne zurückfallen, oder aufſteigend Höhen von 10,000, ja 20,000 und ſelbſt 30,000 bis 35,000 Meilen erreichen.

Mit den Beobachtungen Reſpighi's ſtimmen im allgemeinen auch die Beobachtungen Secchi's überein. Dieſer berühmte Aſtronom findet, daß auf jeder Sonnenhalbkugel zwei Zonen vorkommen, in welchen die Zahl der Protuberanzen am größten iſt. Die meiſten Protuberanzen treten in der Region der Sonnenflecke und Sonnenfackeln auf, dann werden ſie gegen die Pole hin ſeltener, nehmen aber in 75 Grad Breite wieder an Häufigkeit zu. Was die äußere Form der Protuberanzen anbelangt, ſo unterſcheidet Secchi zwei characteriſtiſche Geſtalten, die wolken- und fadenförmige. Ein Theil der fadenförmigen Protuberanzen, die in Wirklichkeit natürlich ungeheure und und mächtige Gasſtröme ſind, erſcheint an der Spitze mit

rothen Wolken gekrönt. Dieſe wolkigen Maſſen kann man mit unſerm Cirrusgewölk vergleichen, wenn es von heftigen Winden gejagt wird.

Die ſpectroſcopiſchen Beobachtungen laſſen den Zuſammenhang der Protuberanzen mit den Fackeln und Flecken noch immer in großer Dunkelheit. Es ſcheint jedoch, als wenn die Protuberanzen nur in directer Beziehung zu den Fackeln ſtänden. Das iſt auch die Anſicht von Profeſſor Spörer, der die Protuberanzen im allgemeinen als die Vorläufer ſpäterer Fleckengruppen betrachtet, und glaubt, daß die matten Stellen zwiſchen den hellen Fackeladern vielleicht den Ort der Protuberanzen bezeichnen möchten. Bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinſterniſſe hat man ſich ſchon früher viel, aber meiſt erfolglos bemüht, die Beziehungen der Protuberanzen zu den Flecken und Fackeln nachzuweiſen. Die ſicherſten Reſultate hat in dieſer Hinſicht noch die Sonnenfinſterniß vom 28. Juli 1851 geliefert. Die große hakenförmige Protuberanz, welche ſich damals zeigte, fiel faſt ganz genau mit dem Orte von glänzenden Fackeln zuſammen, die im Sonnenrande lagen, während der Abſtand der nächſten Flecke von dem betreffenden Orte noch ein recht erheblicher war. Jul. Schmidt ſchloß ſchon damals aus ſeinen Beobachtungen, daß die Baſis der Protuberanz wahrſcheinlich die betreffenden Fackeln gebildet hätten. Die größere Energie, welche mit dem Emporſchießen von mächtigen Protuberanzen verbunden iſt, macht es in der That ſchon an und für ſich wahrſcheinlich, daß die Punkte, wo dieſes Hervorbrechen ſtattfindet, ſich durch eine intenſivere Helligkeit vor den übrigen auszeichnen werden und ſo durfte man die Baſis der Protuberanzen ſchon an und für ſich in eine nahe Beziehung zu den Sonnenfackeln bringen, ohne

eine eben unwahrſcheinliche Hypotheſe aufzuſtellen. Die Beobachtungen beſtätigen einen allgemeinen Zuſammenhang zwiſchen beiden Phänomenen, wie wir geſehen haben, thatſächlich.

Das genauere Studium der Geſtalten der Protuberanzen hat eine glänzende und directe Beſtätigung der theoretiſchen Schlüſſe über die Exiſtenz von polaren und äquatorealen Strömungen in der Sonnenatmoſphäre geliefert. In der That zeigen die Krümmungen der höchſten Strahlen der Protuberanzen, daß in den höhern Regionen der Sonnenatmoſphäre eine ſtarke und anhaltende Strömung vom Aequator beiderſeits gegen die Pole hin ſtattfindet, während die niedrigen Gruppen auf entgegengeſetzte Richtung der Strömung hindeuten, die alſo in den unterſten Theilen der Sonnenatmoſphäre ſtattfindet und von den Sonnenpolen gegen den Aequator hingeht. Aus dem Conflicte dieſer beiden Strömungen in den mittleren Breiten müſſen analog wie auf unſerer Erde, aber natürlich in ungleich großartigerem Maße Wirbelſtürme entſtehen und in der That ſind dieſe mit Hilfe des Spectroſcops direct beobachtet worden.

Ich habe Ihnen nun die Sonne vorgeführt, wie ſie nach den Reſultaten der heutigen Wiſſenſchaft thatſächlich exiſtirt; ich habe die phyſiſche Größe des Sonnenballes vor Ihrem geiſtigen Auge entrollt und habe Ihnen ein Bild zu geben verſucht, von den ungeheuren mechaniſchen Kraftmengen, welche die glühende Sonne in jedem Augenblicke ausſtrömt. Wir fanden dort einen Vorrath von lebendiger Kraft, der jeder Vorſtellung trotzt, welche der größten Verſchwendung gegenüber unerſchöpflich ſcheint, — ſcheint, ob aber auch thatſächlich iſt? Sie wiſſen nach dem, was ich in den früheren Briefen geſagt: Nein.

Der Vorrath an lebendiger Kraft, welchen die Sonne in ſich birgt, iſt ungeheuer, aber er iſt zu erſchöpfen und wird ſich erſchöpfen, er muß ſich erſchöpfen. Die ungeheuren Bewegungen, der wilde Uebermuth der rohen feurigen Gewalten, die auf der Sonne heute wie vor Jahrmillionen und noch in kommenden Jahrmyriaden ihr Spiel treiben, er wird ſich legen, die Zeit wird ihn bändigen und alle Bewegung auf der Sonne in Feſſeln ſchlagen — eine ungeheure, todte Oede, jeder Stürme beraubt und der Erſtarrung preisgegeben, während vordem die feurigen Gluthen ihre erdballgroßen Garben Tauſende und Zehntauſende von Meilen in die glühende Atmoſphäre emporſchleuderten und das organiſche Leben auf den fernern Planeten unterhielt. Wann dieſe Zeit der Erſchöpfung für die Sonne kommt, weiß ich nicht und Niemand kann es wiſſen; das aber iſt unzweifelhaft, daß wenn jene Zeit gekommen iſt, alle und jede Erinnerung an unſer Sein für immer dahin, die Spur von unſer Aller Erdentagen längſt verweht ſein wird.

IX.

Die Entstehungsgeschichte des Sonnensystems ist, Dank den gewaltigen Fortschritten der Wissenschaft, heute mit einem so hohen Grade von Sicherheit und so sehr bis ins Detail herab bekannt geworden, daß man in dieser Beziehung von der Zukunft wohl nur geringe Modificationen dieser heute geltenden Anschauungen erwarten kann und darf. Anders ist es mit der Frage nach der zeitlichen Dauer dieses Systems, nach den Jahrmillionen, die verflossen sind, seit der Urnebelball zuerst einen Ring glühender Materie abschied und dem entferntesten Planeten sein Dasein gab, oder nach den Zeiträumen, welche seit Entstehung des untersten Planeten oder der Erde verflossen sind. Diese Fragen sind hoch interessant, aber so groß ist die Schwierigkeit ihrer Beantwortung, daß man erst in neuester Zeit gewagt hat, sie überhaupt aufzuwerfen, während man in früherer Zeit, vor vierzig oder fünfzig Jahren, kaum wagte, an ein solches Problem zu denken. Gegenwärtig kann man wenigstens, ohne den Vorwurf müßiger Speculationen zu befürchten, ruhig die Frage nach dem Alter des Sonnensystems und seiner einzelnen Glieder aufstellen und beleuchten; und ich zweifle nicht,

daß der Gegenſtand, einmal in dieſes Stadium getreten, nicht eher wieder aus der Hand gelegt wird, bis irgend ein Forſcher mit Glück und Geiſt ihm wenigſtens eine ſolche Löſung abgerungen hat, bei der ſich der denkende Menſch eine Zeit lang beruhigen darf. Hiermit habe ich nun auch zugleich ausgeſprochen, daß eine befriedigende Löſung des Problems, mit dem wir uns jetzt beſchäftigen wollen, zur Zeit noch nicht gegeben werden kann; wir wollen indeß hier zuſehen, wie weit man in dieſer Beziehung an der Hand einer ruhigen Ueberlegung kommen kann.

Bekanntlich fehlt den Geologen bezüglich der von ihnen in der Erdentwicklung unterſchiedenen Perioden, ſo gut wie jeder chronologiſche Maßſtab. Wenn wir in der Geologie von der ſiluriſchen und cambriſchen Zeit, von der Jura- und Molaſſezeit hören, ſo haben wir keinerlei ſicheren Maßſtab, nach dem wir die chronologiſche Dauer dieſer Zeiten abmeſſen, die Jahresreihe, welche jede in ſich ſchloß, ſchätzen könnten. Erſt nach vielen und großen Anſtrengungen iſt es den Geologen gelungen, eine relative Zeitbeſtimmung für die Entwickelung des Erdballes feſtzuſtellen und die Altersfolge, nicht das Alter ſelbſt, für die einzelnen, den Perioden der Erdbildung entſprechenden Schichten feſtzuſtellen. Sonach wiſſen wir z. B. jetzt, daß die Ueberreſte eines organiſchen Weſens, welche man in der ſiluriſchen Formation findet, viel älter ſein müſſen, als Verſteinerungen aus der Kohlenzeit, dieſe wiederum älter als ſolche aus dem tertiären Gebirge und dieſe wiederum älter als Petrefakte, die ſich im Diluvium vorfinden. Die Aufſtellung dieſer relativen Altersfolge der Schichten bezeichnet einen großen Fortſchritt in der geologiſchen Wiſſenſchaft, und es hat, wie bereits hervor-

gehoben, bedeutende Anſtrengungen gekoſtet, ehe die Reihenfolge der Schichten mit einer gewiſſen Zuverläſſigkeit bekannt und jede Schicht ſelbſt gehörig identificirt werden konnte. Der Cosmologe befindet ſich in einem analogen Falle, nämlich bezüglich des relativen Alters der Planeten, in weit günſtigeren Verhältniſſen, denn der Enſtehungsgeſchichte des Sonnenſyſtemes gemäß müſſen die weiter von der Sonne abſtehenden Planeten älter ſein, als diejenigen, welche der Sonne am nächſten ſind. Der entfernteſte Neptun iſt alſo, unſeren heutigen Kenntniſſen zufolge, der älteſte Planet, und der ſonnennahe Merkur der jüngſte. Man kann nun nach den Verhältniſſen des relativen Alters der einzelnen Planeten fragen, d. h. man kann die Frage aufwerfen, wie viel mal älter ein äußerer Planet ſei als ein innerer. Auch hierüber läßt ſich zur Zeit wenig oder gar nichts ſagen. Der Urnebel der Sonne reichte vor Zeiten bis über die Neptunbahn hinaus, als er ſich ſoweit abgekühlt hatte, daß ſein Aequator etwa die Bahn des heutigen Neptun bezeichnete, riß in Folge der zu ſchnellen Rotation ein Ring glühendflüſſiger Materie ab und aus dieſem Ringe bildete ſich zuletzt der Planet Neptun. Wie weit ſich aber beim Abtrennen des Ringes die Grenzen des Centralnebels zurückzogen, das läßt ſich ſpeciell nicht wohl beſtimmen, ſo viel iſt indeß ſicher, daß ſie auf jeden Fall die Uranusbahn noch weit überſchritten. Nach einer langen Reihe von Jahren erkaltete der Nebel mehr und mehr und zog ſich endlich bis faſt zur heutigen Uranusbahn zuſammen, jetzt erfolgte die Abtrennung des Uranusringes und ſchließlich die Bildung dieſes Planeten. Die Grenzen des Centralnebels zogen ſich gegen die Saturnsbahn zuſammen. Wie es in dieſer Weiſe fortging, iſt klar. Im allgemeinen kann man annehmen, daß

die Ringbildung und die Abtrennung der Planeten in dem Maße ſchneller erfolgte, als die Zuſammenziehung zunahm. Die Ausſtrahlung hängt nämlich unter gleichen Umſtänden von der Größe der Oberfläche ab, und dieſe, welche ſich wie das Quadrat des Halbmeſſers verhält, iſt bei kleinen Kugeln verhältnißmäßig bedeutender als bei großen. Denkt man ſich mit den mittleren Abſtänden der Planeten Kugeln um die Sonne als Mittelpunkt beſchrieben, und nimmt die durch die Neptunsbahn bezeichnete Kugel zur Einheit, ſo hat man folgende Verhältniſſe der Volumina und Oberflächen der, den übrigen Planetenabſtänden entſprechenden Kugeln.

Planet	Volumen	Oberfläche
Neptun	1.	1.
Uranus	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{5}$
Saturn	$\frac{1}{31}$	$\frac{1}{10}$
Jupiter	$\frac{1}{193}$	$\frac{1}{33}$
Mars	$\frac{1}{1700}$	$\frac{1}{380}$
Erde	$\frac{1}{27000}$	$\frac{1}{904}$
Venus	$\frac{1}{72000}$	$\frac{1}{1728}$
Merkur	$\frac{1}{470000}$	$\frac{1}{6034}$

Sie erſehen aus dieſer kleinen Tafel mit Leichtigkeit, daß, während das Volumen des Nebelballes ſucceſſive abnahm, der Wärmeverluſt desſelben durch Ausſtrahlung ſich verhältnißmäßig ſteigern mußte. Die Zuſammenziehung und Ringbildung erfolgte alſo immer ſchneller und ſchneller, und während bis zur Bildung des Neptun eine äußerſt lange Zeit verfloſſen ſein muß, trennte ſich Uranus ſchneller ab, Saturn abermals ſchneller und ſo weiter, bis ſchließlich

der Zeitraum zwiſchen der Bildung des Merkur und der Sonne der kürzeſte von allen ſein muß, der zwiſchen der Bildung je zweier Planeten verfloß. Es läßt ſich nun auch ſehr gut begreifen, wie es kommt, daß von den ſonnenfernen Planeten wenigſtens Jupiter und Saturn ſicher noch nicht erkaltet ſind, während die innern, vom Mars bis zum Merkur ſchon längſt erſtarrten. Wäre nämlich die Planetenbildung in durchſchnittlich gleichen Zeiträumen erfolgt, ſo hätte der größere Zeitunterſchied möglicherweiſe die Verſchiedenheit der Ausſtrahlung compenſiren können, d. h. Jupiter hätte trotz ſeiner bedeutenderen Größe heute ebenſogut gänzlich erkaltet ſein können, wie der kleine Merkur. Dasſelbe hätte der Fall ſein können, wenn der ganze Vorgang der Planetenbildung ein cosmologiſch ſehr alter wäre. Wir dürfen daher ſchließen, daß unſer Sonnenſyſtem als ſolches eine verhältnißmäßig noch junge Bildung im Weltenraume iſt, eine ſolche nämlich, welche die Phaſen ihrer Exiſtenz noch lange nicht alle durchlaufen hat, ſondern gewiſſermaßen noch in der Jugendperiode ihres Daſeins ſich befindet. Dieſer Schluß wird auch durch den Zuſtand der Sonne, wie wir ihn gegenwärtig kennen, unterſtützt. Dieſelbe beſitzt nämlich noch immer einen äußerſt beträchtlichen Grad ihrer urſprünglichen Hitze, ſie iſt jedenfalls noch bezüglich ihres Kernes in einem Stadium des weißglühenden Fluſſes und wird von einer glühenden Atmoſphäre umhüllt, die eine Anzahl der ſchwerſtflüſſigen Körper als glühenden Dunſt enthält. Die Sonne iſt alſo gegenwärtig noch ſehr weit von dem Stadium beginnender Incruſtirung entfernt, die Flecke, als Abkühlungsprodukte gewiſſer Stellen ihrer Oberfläche, haben ſtets eine ſehr ephemere Dauer und ihre Geſammtober-

fläche ist äußerst gering im Verhältnisse zur Oberfläche des ganzen glühenden Sonnenballes. Zöllner schätzt, von gewissen Vorstellungen über die physikalischen Zustände der Sonne ausgehend, die Temperatur ihrer Oberfläche auf 28000 Grade des hunderttheiligen Thermometers, wie groß aber die Gluth der Sonne im Innern dieses ungeheuren Balles ist, das entzieht sich jeder Schätzung.

Wenn ich eben hervorhob, daß unser Sonnensystem im Ganzen noch gewisse jugendliche Zustände darbiete, und sein Alter kein sehr beträchtliches sein könne, so darf man daraus keineswegs den Schluß ziehen wollen, es sei die Anzahl der Jahrmillionen, durch welche dasselbe existirt hat, eine geringe, sondern es soll damit nur gesagt sein, daß die Anzahl der Jahre, während deren das Sonnensystem besteht, im Vergleich zu derjenigen Jahresreihe, für die seine Existenz möglich ist, für die in der Sonnenwärme noch Kraftvorräthe vorhanden sind, eine nicht bedeutend große sein kann.

Wäre es möglich, für irgend einen Planeten einen näherungsweisen Werth seines Alters nach Jahren oder vielmehr Jahrmillionen abzuleiten, so würde dieses zu einer Reihe interessanter Schlüsse Veranlassung bieten, besonders bezüglich der Größe der mechanischen Kraft, welche als Wärme in der Sonne ruhte, und seit einer unermeßlichen Reihe von Jahrtausenden fort und fort in den Weltraum ausgeströmt ist. Einen Versuch zu einer derartigen Berechnung habe ich bezüglich der Erde angestellt, doch kann dieser Versuch eigentlich nur zu einem Grenzwerthe für das Alter der Erde führen, d. h. zu einer Jahresreihe, welche das wirkliche Alter der Erde in keinem Falle überschreiten, ja bei weitem noch nicht erreichen

kann. Uebrigens reicht dieſe Rechnung nur bis zu der Zeit, als ſich die Erde bereits mit einer feſten Kruſte umgeben hatte.

Wenn man ſich über die Bildung des Erdinnern klar zu werden ſucht, ſo kommt man mit einigem Nachdenken zu dem Reſultate, daß der Bau des Innern unſers Planeten ein ſymetriſcher ſein müſſe, inſofern nämlich der Schwerpunkt der Erde allenthalben von concentriſchen Schichten umgeben ſei, die von innen nach der Oberfläche hin aus Materie von ſtets abnehmender Dichte beſtehen. Dieſe Schlußfolgerung iſt eine durchaus richtige, ja ohne eine regelmäßige Maſſenvertheilung im Innern der Erde würde der größte Theil der aſtronomiſchen Unterſuchungen ganz unmöglich ſein. Von dieſer concentriſchen Lagerung der Schichten zeigen ſich nur an der Erdoberfläche gewiſſe Abweichungen, deren Urſachen theils in vulkaniſchen, theils in neptuniſchen Einwirkungen zu ſuchen ſind. Vulcane und Erdbeben, plutoniſche Kräfte und die chemiſche und mechaniſche Thätigkeit des Waſſers haben die Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche und der Regionen in nächſter Nähe unter derſelben hervorgerufen. Wie gering aber die Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche im Vergleiche zum ganzen Volumen des Erdballes ſind, mag man daraus erkennen, daß bis jetzt noch kein künſtlicher Globus von der erforderlichen Größe hergeſtellt worden iſt, um auf demſelben im wahren Verhältniſſe die Gebirge erhaben anbringen zu können. Wenn man die ſämmtlichen europäiſchen Gebirge gleichmäßig über die Oberfläche dieſes Erdtheiles vertheilen könnte, ſo würde die mittlere Höhe desſelben um 630 Fuß zunehmen; für Nordamerika findet ſich unter den gleichen Umſtänden eine Höhenzunahme von 702 Fuß, für Südamerika 1080, für Aſien 1062 Fuß.

Daneben umfaßt der Erdradius 19,632000 Fuß, so daß jene Unebenheiten des Bodens an der Oberfläche, völlig verschwinden.

Die Untersuchungen der Neuzeit über die Gestalt der Erde haben deren Abplattung an den Polen mit einem hohen Grade von Genauigkeit kennen gelehrt. Bessel hat in seiner klassischen Arbeit die Abplattung der Erde im Mittel zu $^1/_{299}$ gefunden, spätere Untersuchungen haben sie noch etwas größer ergeben, so daß man $^1/_{289}$ als den Grenzwerth annehmen kann, dem sich die Untersuchungen mehr und mehr nähern.

Die Abplattung unsers Planeten beweist nun, wie bereits früher eingehend gezeigt wurde, daß die Erde in ihrer Jugendzeit in einem heißflüssigen Zustande sich befunden haben muß; aber sie beweist daneben auch, daß die Erde sich schon damals um ihre Axe drehte, und diese Drehung — wodurch Tag und Nacht entstehen — nicht etwa erst später, vielleicht durch den Anstoß eines Kometen, wie einige Philosophen annehmen zu müssen glaubten, erlangt haben kann. Ohne Rotation hätte die Erde nämlich eine vollkommen runde Kugel sein und bleiben müssen; erst als sie ihre Rotationsbewegung begann, erhoben sich die äquatorealen Schichten über ihr früheres Niveau und bildeten eine wulstartige Erhebung um den Aequator, wodurch die kugelförmige Gestalt der Oberfläche in die sphäroidale überging.

Wenn man sich eine in allen ihren einzelnen Schichten gleichförmig dichte flüssige Kugel von der Größe unserer Erde denkt und derselben einen Umschwung um ihre Axe ertheilt, vermöge dessen diese Kugel in der nämlichen Zeit wie unsere Erde sich einmal rund dreht, so zeigt die Rechnung, daß dann diese flüssige Kugel eine Abplattung

von $\frac{1}{231}$ annehmen muß. Diese Abplattung ist aber weit größer als diejenige, welche wir bei der Erde in Wirklichkeit gefunden haben. Um eine Abplattung von $^1/_{289}$ herauszubringen, müßte man annehmen, die Erde habe sich früher bei weitem langsamer um ihre Axe gedreht als heute, eine Annahme, die durch nichts begründet ist, ja, der die wichtigsten Thatsachen, welche für das Entgegengesetzte sprechen, entgegenstehen.

Denken wir uns jetzt eine Kugel von der Größe der Erde, bei welcher der Mittelpunkt unendlich dichter als alle ihre übrigen Theile sei, bei der also die ganze Masse im Centrum vereinigt ist. Geben wir dieser Kugel einen Umschwung um eine Axe von der nämlichen Dauer wie der Umschwung der Erde wirklich beträgt, also von 23 Stunden 56 Minuten, so findet man auf dem Wege der Rechnung, dass die Kugel dann zu einem Sphäroid mit einer Abplattung von $^1/_{578}$ werden muß. Diese Abplattung ist nun gerade um die Hälfte kleiner, als diejenige, welche die Erde thatsächlich besitzt. Der Grund, weshalb wir auch jetzt nicht den wahren Werth der Abplattung fanden, ist darin zu suchen, weil wir erstlich annahmen, daß das Erdcentrum unendlich dicht sei, also nur dieses Masse besitze, die übrige Erde aber nicht, welche Annahme bloß einen Grenzfall darstellen kann, den jedenfalls die Wirklichkeit nicht erreicht. Zweitens haben wir uns aber auch die Voraussetzung erlaubt, daß die Rotation der Erde stets die gleiche gewesen sei wie heute, was ebenfalls nicht richtig sein kann, da, wie wir noch sehen werden, die Umdrehungsdaner unseres Planeten sich stetig verlangsamen muß. Sie werden fragen, wie groß die Umdrehungszeit der Erde hätte sein müssen, um unter der Voraussetzung einer unendlich großen Dichte ihres Centrums, die

wirklich gefundene Abplattung zu erhalten? Die Rechnung zeigt, daß dies eingetreten ſein würde, wenn die Erde in 17¼ Stunden einmal um ihre Axe rotirte. Bei derſelben Rotationsdauer von 17¼ Stunden aber würde die Erde, wenn ſie in allen ihren Schichten durchweg gleich dicht wäre, die bedeutende Abplattung von faſt $\frac{1}{120}$ beſitzen. Welches aber auch immer das Geſetz der Dichtigkeitszunahme der Erdſchichten gegen den Mittelpunkt hin ſein mag, ſo viel iſt gewiß, daß dieſe Dichtigkeitszunahme zwiſchen den Grenzen Null und Unendlich liegen muß, d. h., der wahre Zuſtand der Erde liegt zwiſchen dem einer in allen Schichten gleichmäßig dichten Kugel und einer ſolchen, bei welcher das Centrum unendlich dicht iſt. Mag nun der wirkliche Zuſtand der Erde zwiſchen dieſen Grenzen ſein welcher er wolle, ſo viel ſteht nach dem Vorhergehenden feſt, daſs die Erde ſich niemals ſchneller als in 17¼ Stunden um ihre Axe hat drehen können, da ſonſt auf jeden Fall die Abplattung eine größere geworden wäre, wie es in der That der Fall iſt. Heute iſt die Umdrehungsdauer der Erde 23 Stunden 56 Minuten; ſo lange alſo auch die Erde immerhin beſtehen mag, ſo hat ſie doch bis zum heutigen Tage ihre Rotation nicht um 6¾ Stunden verlangſamen können.

Die Mathematiker haben gezeigt, daß, wenn von den drei Stücken: Rotationsdauer, Abplattung, Geſetz der Dichtigkeitszunahme, zweie gegeben ſind, das dritte durch Rechnung gefunden werden kann. Auf dieſem Wege hat man z. B. gefunden, daß unter Zugrundelegung der heutigen Werthe für Rotation und Abplattung, das Quadrat der Dichte der inneren Schichten ſich wie der Druck ändere. Da aber für die vergangene Epoche, als die Abplattung ſich herſtellte, die Rotationsdauer kürzer geweſen

sein muß als gegenwärtig, so ist das gefundene Gesetz der Dichtigkeitszunahme nicht das wirklich stattfindende. Es steht aber jedenfalls fest, daß die Dichtigkeitszunahme der Erde gegen den Mittelpunkt hin eine äußerst beträchtliche sein muß, wie dies auch durch die bedeutende mittlere Dichte der Erde angezeigt wird. Die Wirklichkeit nähert sich also der Annahme eines unendlich dichten Centrums in einem gewissen Sinne, d. h., die wahre ursprüngliche Rotationsdauer betrug zwischen $17^1/_4$ und 24 Stunden. Da wir, wie bereits mehrfach bemerkt, das Gesetz nicht kennen, nach welchem die Dichte mit der Annäherung an das Erdcentrum zunimmt, so ist nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung der mittlere Werth zwischen $17^1/_4$ und 24 Stunden oder $20^6/_{10}$ Stunden als wahrscheinlichste ursprüngliche Rotationsdauer festzuhalten. Daß dieser Werth nicht sehr bedeutend von dem wahren abweichen kann, läßt sich durch die Rechnung zeigen. Als Laplace nämlich gewisse, nicht unwahrscheinliche Voraussetzungen über die Zusammendrückbarkeit der inneren Erdmassen machte, erhielt er bei vierundzwanzigstündiger Umdrehungsdauer eine Abplattung von $^1/_{360}$, also weniger wie die wahre Abplattung. Indem ich dieselbe Rechnung dahin modificirte, daß nicht die Abplattung gesucht, sondern unter übrigens den nämlichen Annahmen wie Laplace, die Umdrehungsdauer bestimmt wurde, welche der wahren Abplattung zukam, fand ich hiefür einen Werth von $21^1/_2$ Stunden. Sie sehen, dieses Resultat weicht von dem oben genannten weniger ab, als man von zwei auf so ganz verschiedenen Wegen gewonnenen Ergebnissen hätte erwarten dürfen. In der That kann das Resultat von $20^6/_{10}$ Stunden mit keinem großen Fehler behaftet sein, denn es ist unzweifelhaft, daß die ursprüngliche Rotations-

dauer weit ſchneller als die gegenwärtige und weit langſamer als die äußerſt noch zuläſſige von 17¼ Stunden geweſen ſein muß. Wenn es nun gelingt, einen Werth für die Verlangſamung der Erdumdrehung innerhalb einer chronologiſch beſtimmten Zeitdauer zu gewinnen, ſo würde damit die Frage nach dem chronologiſchen Alter der Erde gelöſt ſein.

Bis faſt zur neueſten Zeit herab glaubte man nun annehmen zu müſſen, daß die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Erde im Verlaufe der hiſtoriſchen Zeit keinerlei Veränderung unterworfen ſei, und zwar ſtützte ſich dieſe Anſicht hauptſächlich auf eine Unterſuchung von Laplace über die mittlere Mondbewegung. Ich will verſuchen, Ihnen das Princip dieſer Unterſuchungen kurz auseinander zu ſetzen. Schon Halley war zu dem Ergebniſſe gekommen, daß die mittlere Bewegung des Mondes ſeit den Zeiten des griechiſchen Aſtronomen Hipparch eine ſchnellere geworden ſei, und vergebens ſtrengten die bedeutendſten Geometer der damaligen Zeit ihre Kräfte an, um die Urſache dieſer befremdenden Erſcheinung zu ermitteln. Die mittlere tägliche Bewegung des Mondes iſt nichts anderes als der Bogen am Himmel, den der Mond im Durchſchnitt jeden Tag beſchreibt. Nehmen wir an, der Mond durchlaufe jeden Tag einen Bogen des Himmels von genau 13 Grad und es verlangſame ſich plötzlich die Rotationsdauer der Erde um $^1/_{13}$, d. h., es werde der Tag (nebſt der Nacht) plötzlich um $^1/_{13}$ länger, ſo würde ſich dies in der mittleren Mondbewegung dadurch verrathen, daß der Mond täglich einen Weg am Himmel zurücklegte, der $^1/_{13}$ größer als der frühere wäre. Es würde demnach ſcheinen, als wenn die mittlere Mondbewegung ſich um $^1/_{13}$ beſchleunigt hätte. Auf dieſe Weiſe

hätte man ſchon zu Halley's Zeiten die Beſchleunigung der mittleren Mondbewegung durch eine Verlangſamung der Erdrotation erklären können. Man hielt jedoch letztere für unveränderlich und Lagrange zeigte ſpäter in der That, daß es einen Umſtand gibt, welcher unabhängig von einer Veränderung der Erdrotation die Mondbewegung beſchleunigt. Dieſer Umſtand iſt die Abnahme der Excentricität der Erdbahn. Obgleich die halbe große Axe der Erdbahn unveränderlich iſt, ſo nimmt doch in Folge der Geſammteinwirkung der Planeten, die elliptiſche Geſtalt der Erdbahn mehr und mehr ab und nähert ſich der kreisförmigen. Dadurch wird aber die Sonne dem Mittelpunkte der Mondbewegung durchſchnittlich etwas näher gerückt, die Schwere des Mondes gegen die Erde nimmt daher im Ganzen zu und der Umfang der Mondbahn verringert ſich entſprechend. Dieſe Verkleinerung der Mondbahn macht ſich nun in den Beobachtungen dadurch bemerkbar, daß der Ort des Mondes am Himmel demjenigen voraus iſt, an welchem der Mond ohne die ſtörende Einwirkung, die von der Abnahme der Excentricität abhängt, ſich befinden würde. Das ſtimmt mit den Beobachtungen vollſtändig überein, allein es fragt ſich, ob auch die Größe der Acceleration der mittleren Mondbewegung, der Abnahme der Excentricität der Erdbahn entſpricht. Dieſe Frage kann nur mit Hilfe der höheren Analyſis in ihrer Anwendung auf die Störungstheorie, beantwortet werden. Laplace hat die hierzu erforderlichen Unterſuchungen zuerſt in ſolcher Vollſtändigkeit angeſtellt, daß man das Problem als gelöſt betrachten konnte. Er fand, durch ein abgekürztes Verfahren, für die Größe der Acceleration der mittleren Mondbewegung den Ausdruck 10·72. tt Secunden, wo t die Anzahl der Jahrhunderte, die ſeit dem Jahre

1750 verfloſſen ſind. Durch die Mond-Acceleration wird hauptſächlich der Ort des Mondes am Himmel verändert, da nun durch die Stellung des Mondes am Himmelsgewölbe die Sonnen- und Mondesfinſterniſſe bedingt werden, ſo bieten die alten Finſternißbeobachtungen ein gutes Mittel dar, die Größe der genannten Acceleration blos aus den Beobachtungen abzuleiten. Auf dieſem Wege fand Hanſen dafür den Werth von 12·18 Secunden, der alſo bis auf die kleine Differenz von 1·56 Secunden vollſtändig mit dem von Laplace theoretiſch gefundenen übereinſtimmt. Hiernach mußte man ſich alſo zu dem Schluſſe berechtigt halten, daß die Veränderungen der Erdbahnexcentricität die alleinige und vollkommen ausreichende Urſache der Mondacceleration ſei. Aber noch eine weitere und wichtige Folgerung zog man aus dem von Laplace gefundenen Reſultate, nämlich die, daß in den letzten 2000 Jahren die Dauer des Tages (die Erdrotation) nicht um den hundertſten Theil einer Secunde ſich verändert habe. Hätte nämlich die Rotationsdauer der Erde um dieſen Betrag zugenommen, ſo würde die Säcularbewegung des Mondes heute um 2000 Secunden größer ſein müſſen, als vor 2000 Jahren, was mit den Beobachtungen nicht vereinbar iſt.

Adams und Delauney ſind die erſten geweſen, welche die Richtigkeit der Laplace'ſchen Entwickelungen beſtritten. Indem beide, unabhängig von einander, den mathematiſchen Ausdruck für die Mondacceleration weiter entwickelten, als dies von Laplace geſchehen war, kamen ſie auf Glieder, welche den von letzterem erhaltenen Werth faſt um die Hälfte verminderten. Die beiden genannten Aſtronomen erhielten als Säcularacceleration der mittleren Mondbewegung, den Werth von 6·11 Secunden und dieſer

muß, nach der eingehenden Behandlung des Problems, als der richtigere angesehen werden. Dann genügt aber die Veränderung der Erdbahnexcentricität ganz und gar nicht mehr, um die Mondbewegung darzustellen, sondern es muß noch ein Factor auf letztere einwirken. Als diesen Factor, den einzig zulässigen, hat man die Verlangsamung der Erdrotation zu betrachten.

Den Beobachtungen zufolge, ist die Säcularacceleration der Mondbewegung 12·18 Bogensecunden und das Voreilen des Mondes in Folge dieses Umstandes beträgt für die letzten 2000 Jahre 1° 21′ 12″. Die Abnahme der Excentricität der Erdbahn hat an diesem Voreilen für denselben Zeitraum einen Antheil von 40′ 44″, sonach verbleiben also 40′ 28″ als *scheinbares* Voreilen des Mondes, bewirkt durch die Verlangsamung der Erdrotation. Nehmen wir nun an, daß gegenwärtig der Tag um *eine* Secunde größer sei, als vor 2000 Jahren, dann würde also das Jahr um 365¼ Secunden und das Jahrhundert um 36525 Secunden, d. h. um 10 Stunden, 8 Minuten und 45 Secunden länger sein, als zu Hipparchs Zeiten. In diesem Zeitraume durchläuft der Mond aber am Himmel einen Bogen von 20053 Secunden, d. h., um diesen Betrag würde er vorgeeilt sein und der Factor der Acceleration müßte 514·2 Secunden sein, er ist aber bloß 6·11 Secunden, d. h., um $\frac{1}{84}$ kleiner, daher auch die Verlängerung der Rotationszeit seit *Hipparch* nicht 1 Secunde, sondern $^1/_{84}$ Secunde beträgt, so daß also die Verlängerung des Tages in $84 \times 2000 = 168000$ oder rund in 170000 Jahren den Werth von *einer* Secunde erreicht.

Die Ursache, welche diese Verlangsamung der Rotationsdauer der Erde bedingt, ist die Anziehung des Mon-

des auf die flüssigen Theile der Erdoberfläche. Durch die Anziehung des Mondes werden in der Fluth täglich gegen 120 Kubikmeilen Wasser über die Erde hinübergeführt, und die Reibung dieser Wassermasse ist es, welche die Rotation der Erde zu verlangsamen strebt.

Die Größe dieser hemmenden Wirkung hängt von der Masse der Fluthwelle ab. Diese wiederum wird bedingt: 1. durch die Masse des Mondes, 2. durch die Entfernung des Mondes, 3. durch den Halbmesser der Erde, und 4. durch die Tiefe des Oceans. Von diesen vier Factoren können wir die drei ersten unbedingt als constant ansehen; soweit es von ihnen abhängt, war also die Masse der Fluthwelle zu allen Zeiten die gleiche. Nicht dasselbe kann man von dem vierten Factor, der Tiefe des Oceans sagen. Es ist vielmehr äußerst wahrscheinlich, daß diese Tiefe in den verschiedenen geologischen Perioden verschieden gewesen ist. Inzwischen kann man immerhin annehmen, daß die durchschnittliche Tiefe der Oceane nie sehr beträchtlich von einem gewissen mittleren Werthe abgewichen sein wird, da die Quantität des Wassers eine so bedeutende ist, daß alles Festland unter den Meeresspiegel herabsinken könnte, und trotzdem eine beträchtliche Wassertiefe übrig bleiben würde. Unter solchen Verhältnissen darf man behaupten, daß der oben angegebene Werth der Retardation der Erdumdrehung als ein mittleres Resultat für die ganze Vergangenheit gelte.

Verbindet man nun aber diesen Werth mit dem oben angegebenen der ursprünglichen Erdrotation, so erhält man sofort das Alter der Erde in Jahren. Die ursprüngliche Umdrehungsdauer war $20^{6}/_{10}$ Stunden, die gesammte Verlangsamung ist also $3^{2}/_{5}$ Stunden oder rund 12000 Secunden. In 170000 Jahren beträgt die Verlangsamung

aber, wie wir geſehen, 1 Secunde, alſo 12000 Secunden in 12000 × 170000 Jahren oder in beiläufig 2000 Millionen Jahren und dieſe letztere Zahl gibt das Alter der Erde an. Es iſt hiebei zu bemerken, daß bei dieſer Berechnung die erſte Zeit, nachdem die Erde mit einer feſten Kruſte umhüllt, aber dieſe noch ſo heiß war, daß ſich das Waſſer als Dampf in der Erdatmoſphäre befand, ausgeſchloſſen iſt. Denn ehe das Waſſer condenſirt als oceaniſche Maſſe die Erde bedeckte, konnte der Mond natürlich auch keine Fluth hervorrufen. Dieſer Zeitraum iſt aber gewiß im Verhältniſſe zum Geſammtalter der Erde nur kurz geweſen, denn die Geſteine der Erde ſind im allgemeinen ſchlechte Wärmeleiter. Wir ſehen z. B. auf Island, daß in einer dicken Lavaſchicht innen feurige Gluth ſein kann, und doch, trotz einer Erſtarrung von nur ein paar Meter, außen Schnee liegt. So wird auch die Erdkruſte verhältnißmäßig ſchnell ſo weit erkaltet ſein, daß das Waſſer ſich auf ihr niederſchlagen konnte.

Bleiben wir einen Augenblick bei dem Einfluſſe, den der Mond auf die Erdrotation ausübt, ſtehen. Wir finden, daß die Wirkung des Mondes dahin geht, die Erdumdrehung mehr und mehr zu verlangſamen und man kommt bei einiger Ueberlegung leicht zu dem Ergebniſſe, daß dieſe Verlangſamung ſo lange zunehmen wird, bis die Erde ſich in der nämlichen Zeit um ihre Axe dreht, welche der Mond gebraucht, um ſeine Revolution um die Erde zu vollbringen, oder vielmehr um den gemeinſamen Schwerpunkt beider. Das Ende wird alſo ſein, daß ſich Mond und Erde ſtets dieſelbe Seite zuwenden. Was den Mond betrifft, ſo iſt dieſer Zuſtand von ihm bereits längſt erreicht worden. Der Mond wendet uns ſtets dieſelbe Seite zu und die Rotation desſelben iſt ſeiner Umlaufszeit um

die Erde so genau gleich, daß auch die schärfsten Beobachtungen keinen Unterschied zwischen beiden, keine physische Libration des Mondes entdecken konnten, die sich mit Sicherheit in den Untersuchungen gezeigt hätte. Dagegen existiren allerdings scheinbare Librationen des Mondes, wodurch wir bald über den einen bald über den andern Rand des Mondes um einen gewissen Betrag nach der jenseitigen Halbkugel hinüberblicken können, diese Schwankungen gehören indeß nicht hieher. Die Umdrehungszeit des Mondes um seine Axe ist also seiner mittleren Umlaufsdauer um die Erde gleich. Allein diese mittlere Geschwindigkeit der Mondbewegung ist selbst wiederum veränderlich, und zwar, wie wir oben gesehen haben, wegen der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn, die in eine Periode von etwa 30000 bis 40000 Jahre eingeschlossen ist. Die Umdrehungsdauer des Mondes muß also innerhalb dieser großen Periode ebenfalls um einen geringen Betrag veränderlich sein, da er uns sonst nicht stets dieselbe Seite zuwenden könnte. Dieses merkwürdige Zusammenfallen der beiden genannten Bewegungen des Mondes für alle Zeiten gibt einen neuen Beweis dafür, daß es die flutherzeugende Kraft der Erde auf der Mondoberfläche gewesen ist, welche die Rotation des Mondes mit seiner Revolution in Uebereinstimmung brachte. Das muß aber schon zu einer Zeit geschehen sein, wo der Mond entweder noch heißflüssig war, oder von großen und tiefen Oceanen an seiner Oberfläche bedeckt wurde. Gegenwärtig, nachdem der Mond längst fest geworden ist, kann die Erde keinerlei Wirkung analog derjenigen der Ebbe und Fluth mehr auf der Mondoberfläche erzeugen. Berechnet man die Größe der Fluth, welche auf der ganz flüssigen Mondkugel durch die Anziehung der Erde erzeugt werden

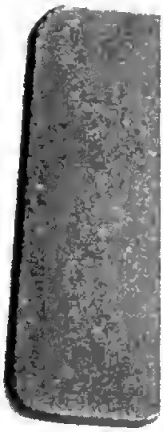
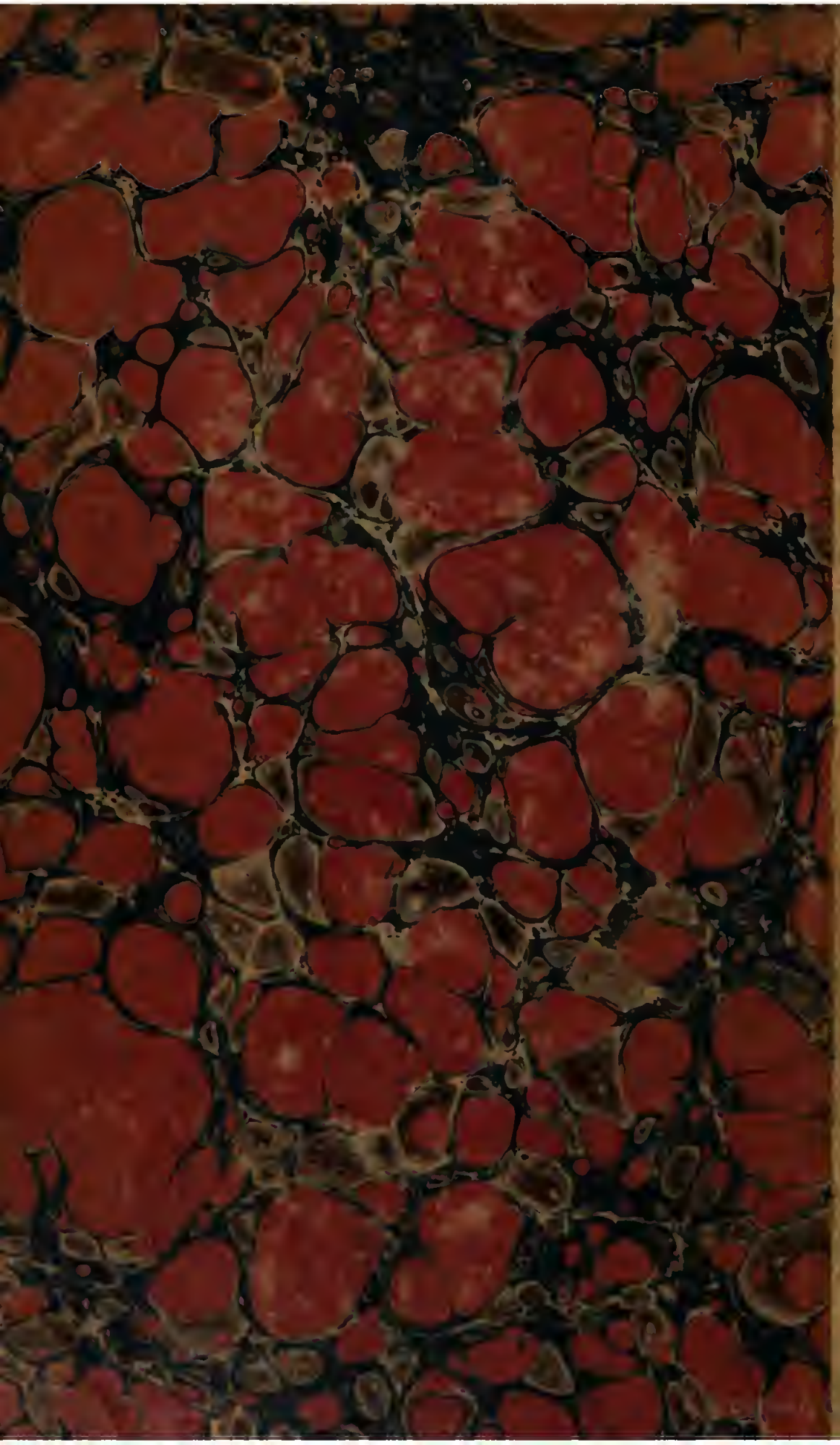
müßte, ſo findet man, daß die mittlere Fluthhöhe dort etwa 130 bis 140 Fuß betragen haben wird. Dieſe gewaltige Maſſe muß aber der Rotation des Mondes eine beträchtliche Hemmung entgegengeſetzt haben, und wir brauchen uns deshalb nicht darüber zu wundern, daß die Mondrotation ſchon längſt an der äußerſten Grenze der Verlangſamung angekommen iſt, während die Erde noch ſehr weit davon entfernt blieb. Das Vorhandenſein einer ſäcularen Aenderung der mittleren Mondrotation beweiſt aber auch, daß der Mond nicht genau kugelförmig ſein kann, ſondern vielmehr gegen die Erde zu etwas verlängert ſein muß. Es iſt alſo wahrſcheinlich, daß der Mond erſt erſtarrte, nachdem die Erde längſt ſeine Rotationszeit, mit ſeiner Umlaufszeit zum Zuſammenfallen gebracht hatte ſo daß alſo die Abweichung nichts anderes als die erſtarrte Fluthanſchwellung iſt. Die Größe dieſer Abweichung ſpricht keineswegs dagegen, denn die Anſchwellung beträgt nur etwa 1000 Fuß, und wenn man annimmt, wozu gute Gründe vorhanden ſind, daß die Erſtarrung des Mondes in ſeinem Mittelpunkte begann, ſo iſt eine Fluthwirkung der Erde von dieſer Größe theoretiſch durchaus gerechtfertigt.

Wie dem aber auch immer ſein möge, ſo viel ſteht jedenfalls feſt, daß die Erde die Mondrotation bis auf die äußerſt mögliche Grenze verlangſamte; daſſelbe wird der Mond auch mit der Erdrotation zu Stande bringen, ſie wird von der gleichen Dauer wie die Mondrotation werden müſſen. Allein was dann? Neben der Flutheinwirkung des Mondes übt auch die Sonne eine analoge, aber nur etwa halb ſo große Wirkung aus, und die Sonne beſtrebt ſich hiedurch ebenfalls, die Erdumdrehung zu verlangſamen. Wenn die Erde keinen Mond beſäße, ſo würde

die Wirkung der Sonne dahin ſtreben, die Erdrotation mit der Dauer des Umlaufs der Erde um die Sonne zuſammenfallend zu machen. Die beträchtlichere Fluthwirkung des Mondes aber unterſtützt dieſes Beſtreben der Sonnenanziehung nur ſo lange, bis die Erdumdrehung der Mondrotation an Dauer gleich ſein wird, dann ſteht die Mondeinwirkung derjenigen der Sonne entgegen und hebt letztere, die ſchwächer iſt, vollkommen auf. Allein, welche Zeiträume müßten verfließen, bis die Mondanziehung die Erdrotation auf das äußerſte Maaß der Verlangſamung gebracht haben würde! Wir können nur ſchwindelnd dieſes ungeheuren Zeitraumes gedenken! Auch iſt es nicht wahrſcheinlich, daß die Wirkung des Mondes ſo lange andauern wird. Denn wenn auch das Sonnenſyſtem nach Hunderttauſenden von Jahrmillionen noch beſtehen ſollte, die Sonne wird dann jedenfalls längſt erloſchen ſein, für ſolche, der Ewigkeit trotzenden Perioden reicht ihre Gluth nicht mehr aus. Mit dem Erlöſchen der Sonnenwärme aber muß der ganze Erdball veröden und das Waſſer vereiſen. Dann hört aber die flutherzeugende Wirkung des Mondes von ſelbſt auf und damit auch die Verlangſamung der Erdrotation.

Ich will hier abbrechen; aus der grauen Vergangenheit ſind wir heraufgeſtiegen bis zur Gegenwart und haben das ſtille aber mächtige und ununterbrochene Spiel der Anziehungskraft belauſcht, dann haben wir einen Blick auf die Zukunft geworfen, und dieſer raſche Blick muß genügen.

Berichtigung.

Seite 4 Zeile 5 von oben lies: entlegenſten ſtatt entlegendſten
„ 200 „ 7 „ „ „ 228000 „ 70000.

SBN . . 613162